

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

---

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des Sciences Agrovétérinaires et Biologiques  
Département d'Agronomie**

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : Agro ressources

**CARACTERISATION ET CINETIQUE D'ACCUMULATION DES  
SUBSTANCES DE DEFENSE CHEZ LA TOMATE**

Présenté par :

**Radouane ZAID**

Devant le jury composé de :

GUENDOUZ– BENRIMA. A	Professeur, U. S.D.Blida	Présidente
BENFEKIH ALLAL L.	Professeur, U.S.D. Blida	Examinatrice
BOUNACEUR .F	M.C.B, U.Tiaret	Examineur
SNOUSSI S.A.	Professeur, U. S.D.Blida	Promoteur
DJAZOULI .Z.E	M.C.A, U.S.D. Blida	Co-promoteur

Blida, Mai 2013

## RESUME

### CARACTERISATION ET CINETIQUE D'ACCUMULATION DES SUBSTANCES DE DEFENSE CHEZ LA TOMATE

Nous avons étudié, à l'institut technique des cultures maraichères et industrielles de Staoueli situé sur le littoral algérois, la répartition des niches écologiques des principaux ravageurs sur la variété hybride de tomate sous serre (Kartier) et les différences de stabilité des phytophages selon l'ordre de leur arrivée sur cette variété. Des échantillonnages ont été réalisés hebdomadairement sur trois niveaux du plant durant la période allant de décembre 2011 à mai 2012.

Les résultats révèlent que le taux d'infestation est plus important chez *Tuta absoluta* que chez les thrips et *Liriomyza sp*, qu'il varie selon les trois niveaux foliaires et les périodes d'échantillonnage. Selon l'ordre d'arrivée, les résultats indiquent que ce sont les thrips qui s'installent les premiers suivis par *Liriomyza sp* ou mouche mineuse puis par la mineuse de la tomate avec un décalage temporel d'environ deux (2) mois. Enfin, l'infestation est plus importante sur la partie basale du plant.

**Mots clés :** Bioécologie, tomate, *Tuta absoluta*, niche écologique, *Liriomyza sp*.

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION AND KINETICS OF ACCUMULATION OF SUBSTANCES OF DEFENSE TO THE TOMATO

We followed the distribution of ecological niches of major pests of tomato under greenhouse in hybrid Kartier and differences in stability of communities of phytophagous in the order of arrival of these pests at the technical institute of vegetable crops and industrial ITCMI Staoueli, located at the coast of Algiers. Sampling week, from December 2011 to May 2012 were carried out on three levels of plants.

The results showed that the infection rate is higher in *Tuta absoluta* than *Frankliniella occidentalis* and *Liriomyza sp*, it varies according to the three leaf levels and sampling periods. According to the order of arrival, the results indicate that it is thrips *Frankliniella occidentalis* settle first followed by leafminer *Liriomyza sp* and then the tomato leafminer with a time lag of about two (2) months. Finally, the infestation is greater on the basal part of the plant.

The results of the order of arrival of the major pests of tomato show that it is thrips which moved first, followed by the leafminer, then the tomato leafminer with a lag time of about 2 months.

**Keywords:** bioecology, tomato, *Tuta absoluta*, ecological niche, *Liriomyza sp*.

## تحديد عناصر الدفاع و الحركية التراكمية عند نبات الطماطم

قمنا بالمعهد التقني للزراعة البقولية و الصناعية المتواجد بمنطقة سطاوالي الواقعة على الشريط الساحلي

لعاصمة، بدراسة تقسيم المواقع الإيكولوجية للآفات الأساسية المؤثرة الهجين من الـ

المزروع داخل البيوت البلاستيكية (Kartier) و الفوارق المتعلقة باستقرار القراديات النباتية حسب ترتيب وصولها

إلى هذا حيث قمنا أسبوعيا بأخذ عينات من 03 مستويات من الشتائل و ذلك خلال الفترة الممتدة بين شهر

ديسمبر 2011 و شهر ماي 2012.

مقارنة مع برغوث الكراث و (*Tuta absoluta*)

مهرت النتائج أن نسبة

الذبابة الحافرة، و تختلف العدوى حسب المستويات الثلاثة الورقية و كذا فترات أخذ العينات. و فيما يتعلق بترتيب

(*Liriomyza sp*)

برغوث الكراث يتصد

يقدر بشهرين. كما

تليها حافرة الطماطم مع فا

*Tuta Absoluta* ، المواقع الإيكولوجية، *Liriomyza sp*.

الكلمات المفتاحية: علم الاحياء البيئية،

# Remerciements

**À tous mes enseignants** du département d'Agronomie pour leurs qualités humaines, leur confiance et contribution sincère à ma formation graduée et post-graduée.

**A Mr HAROUN**, tout particulièrement, pour m'avoir sans cesse encouragé, conseillé et fait confiance.

**A Monsieur AMGHAR**, Directeur Général de l'ITCMI de Staoueli, pour le vif intérêt qu'il a porté à notre travail et toute l'aide utile que nous avons trouvée auprès de lui.

**A mon Professeur GUENDOZ- BENRIMA** pour le grand honneur qu'elle nous fait de présider le jury, pour ses qualités humaines, sa confiance depuis de nombreuses années et l'immense privilège d'être parmi ses étudiants pour bénéficier de son enseignement de qualité.

**À mon Professeur BENFEKIH** pour le grand honneur qu'elle nous fait d'examiner ce mémoire, pour ses compétences et son sens du devoir.

**Àu Docteur BOUNACEUR** pour l'honneur qu'il nous fait d'être notre examinateur et pour son très amical encouragement.

**À mes Professeur SNOUSSI et Docteur Djazouli** pour leurs compétences scientifiques, qualités humaines et pédagogiques, leurs encouragements, conseils si précieux depuis de nombreuses années et pour m'avoir guidé à chaque étape de la réalisation de ce travail. Que ce travail soit pour moi l'occasion de leur témoigner ma profonde gratitude.

**A tous mes amis et camarades et aux personnels du département d'Agronomie et de l'ITCMI** pour leur soutien, dévouement et conseils qu'ils n'ont cessé de me donner.

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration et à la confection de notre mémoire .



# Dédicaces

**A mes parents** pour m'avoir supporté durant toutes ces années d'études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de consentir pour mon éducation et ma formation depuis ma naissance et même à l'âge adulte.

**A ma sœur Ratiba** pour son soutien au quotidien, je lui dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Puisse Dieu, la préserver et lui accorder longue vie.

**A la mémoire de mon grand-père Abdelkader**, que ce travail soit le témoignage de mon éternelle reconnaissance. Puisse Dieu, Le Tout Puissant, lui accorder Sa Sainte Miséricorde.

**A mes grands-parents paternels et maternels** pour m'avoir toujours encouragé, aidé et laissé une grande liberté de pensée et d'action. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond respect et de ma profonde gratitude. Puisse Dieu, Le Tout Puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

**A mes oncles et tantes** pour leur confiance, soutien, aide et conseils toujours précieux, que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance, de mon profond respect et de mon amour sincère.

**A mes cousins et cousines** pour leur confiance, dévouement et sérieux, je leur souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

## TABLE DES MATIERES

RESUME

ABSTRACT

REMERCIEMENTS

DEDICACES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS , DES GRAPHIQUES ET DES TABLEAUX

INTRODUCTION

16

CHAPITRE 1 : STRATEGIE PHYTOSANITAIRE

1.1. Risque phytosanitaire et protection des cultures

20

1.2. La prévention du risque phytosanitaire

22

1.3. Intérêt de la défense chimique des plantes en protection  
Phytosanitaire

24

1.4 Intérêt technique

24

1.5. Les dérivés azotés

24

1.5.1. Les alcaloïdes

25

1.5.2. Les glucosinolates

26

1.5.3. Les glucosides cyanogénétiques

27

1.5.4. Les acides aminés non-protéiniques

28

1.6. Les terpénoïdes

29

1.6.1. Les monoterpènes et les sesquiterpènes

30

1.6.1.1. Les monoterpènes

30

1.6.1.2. Les sesquiterpènes

31

1.6.1.2.1. Les sesquiterpènes acycliques

31

1.6.1.2.2. Les sesquiterpènes monocycliques

32

1.6.1.2.3. Les bicycliques	32
1.6.2. Les diterpènes	32
1.6.2.1. Les acycliques	33
1.6.2.2. Les bi et tri-cycliques	33
1.6.3. Les triterpènes et les stéroïdes	33
1.7. Les composés phénoliques	35
<b>CHAPITRE 2 : LES CULTURES MARAICHÈRES : LA TOMATE</b>	
2.1. Historique de la plante	37
2.2. Importance de la tomate dans les cultures maraichères	37
2.3. La tomate en serre	38
2.4. Description de la tomate	39
2.5. Classification et caractéristiques botaniques	39
2.5.1. Classification	39
2.5.2. Caractéristiques botaniques	39
2.6. Diversité des espèces de tomate	40
2.7. Cycle biologique de la tomate	41
2.8. L'importance de la tomate dans le monde	41
2.9. L'importance de la tomate en Algérie	42
2.10. L'utilisation de la tomate	44
2.11. Exigences de la culture	45
2.11.1. Exigences climatiques	45
2.11.1.1. La température	45
2.11.1.2. La lumière	45
2.11.1.3. l'humidité	45

2.11.2. Exigences édaphiques	46
2.11.2.1. Type de sol	46
2.11.2.2. pH du sol	46
2.11.2.3. La salinité	46
2.12. Valeur nutritive de la tomate	46

## CHAPITRE 3 : PROTECTION PHYTOSANITAIRE DE LA TOMATE ET MISE EN ŒUVRE DES METHODES DE LUTTE

3.1. Les maladies et les ravageurs de la tomate	50
3.1.1 Les maladies	50
3.1.1.1. Les champignons	50
3.1.1.2. Les bactéries	50
3.1.1.3. Les virus	50
3.1.2. Les ravageurs	51
3.1.2.1. Les acariens ( <i>Tetranychus sp.</i> )	51
3.1.2.2. Les insectes	51
3.1.2.2.1. La mouche blanche ( <i>Bemisia tabaci</i> )	51
3.1.2.2.2. Les pucerons ( <i>Aphidae</i> )	51
3.1.2.2.3. Les thrips ( <i>Thripidae</i> )	52
3.1.2.2.4. Les noctuelles ( <i>Lepidoptera</i> )	52
3.1.2.2.5. Les mineuses	52

## CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES

4.1. Présentation de la région d'étude	54
4.1.1. Situation géographique	54
4.1.2. Caractéristiques climatiques	54
4.1.2.1. La température	54
4.1.2.2. La pluviométrie	56

4.1.2.3. Diagramme ombrothermique de la région d'étude	57
4.1.2.4. Climagramme d'Emberger de la région d'étude	58
4.2. Présentation du site expérimental	61
4.3. Méthodologie de travail	63
4.3.1. Sur le terrain	63
4.3.1.1. Méthode d'échantillonnage des feuilles	63
4.3.1.2. Evaluation des niveaux de risque d'infestation par piégeage des mâles par phéromone sexuelle	63
4.3.1.3. Dénombrement des stades biologiques des déprédateurs au laboratoire	64
4.4. Exploitation des résultats	64
4.4.1. Niveaux de risque d'infestation par les captures de piégeage des mâles par phéromone sexuelle	64
4.4.2. Niveaux d'infestation sur plante	65
4.5. Exploitation statistique	65
4.5.1. Analyse de la variance	65
4.5.2. Analyses multivariées	66
4.5.3. Test Crosscorrelation	66
4.5.4. Régression multiple	66
<b>CHAPITRE 5 : RÉSULTATS</b>	
5.1. Répartition des niches écologiques des principaux ravageurs de la tomate	67
5.1.1. Occurrence des principaux ravageurs de la tomate	67
5.1.2. Evaluation des taux d'infestation des ravageurs de la tomate et estimation de l'importance d'installation primaire	69
5.1.3. Étude comparée de l'abondance de la variation du taux d'infestations de <i>Tuta absoluta</i> selon les espèces et période d'infestation	70
5.1.4. Estimation de l'ordre d'arrivée des principaux ravageurs de la tomate	71
5.2. Estimation de l'agressivité des principaux ravageurs de la tomate	73

5.2.1. Fluctuation temporelle de la dynamique des formes biologiques larvaires	73
5.2.2. Evaluation de la dynamique des formes larvaires chez les principaux ravageurs de la tomate	75
5.2.3. Etude comparée de la dynamique des formes larvaires des principaux ravageurs de la tomate	78
5.3. Etude bio-écologique de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	81
5.3.1. Estimation des risques dûe aux vols des adultes	81
5.3.2. Taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires	81
5.3.3. Evaluation du taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires	82
5.3.4. Etude comparée du taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires	83
5.3.5. Estimation de l'ordre d'arrivée spatio-temporel de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires	84
5.3.6. Facteurs environnementaux influençant la dynamique globale de <i>Tuta absoluta</i>	85
5.4. Étude bio-écologique de la mouche mineuse <i>Liriomyza sp</i>	87
5.5. Étude bio-écologique de <i>Frankliniella occidentalis</i>	88
<b>CHAPITRE 6 : DISCUSSION GÉNÉRALE</b>	
6.1. Fluctuation temporelle et estimation des risques	89
6.2. Ordre d'installation primaire et répartition des niches écologiques	95
CONCLUSION	102
APPENDICES	105
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	114

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

<b>Figure 1.1:</b> Exemple de quelques monoterpènes cycliques et acycliques [39].	31
<b>Figure 1.2 :</b> Structures des sesquiterpènes acycliques, mono et bi-cycliques [39].	32
<b>Figure 1.3 :</b> Squelettes de base des triterpènes [39].	33
<b>Figure 1.4 :</b> Noyau perhydrocyclopentanophenanthrène [39].	34
<b>Figure 1.5 :</b> Exemple de stérols rencontrés chez le règne végétal et animal [39].	34
<b>Figure 1.6 :</b> Structures de quelques composés phénylpropanoïdes et coumarines.	36
<b>Figure 2.1:</b> Plant de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller) [59].	40
<b>Figure 2.2 :</b> Evolution de la superficie de la tomate en Algérie entre 1990-2011[64].	43
<b>Figure 2.3 :</b> Evolution de la production de la tomate en Algérie entre 1990-2011[64].	43
<b>Figure 2.4 :</b> Evolution du rendement de la tomate en Algérie entre 1990-2009 [64].	44
<b>Figure 2.5 :</b> Degré de maturation des fruits de tomate [72]	47
<b>Figure 4.1a :</b> Figure 4.1.Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Staouéli de la période 2001-2011	58
<b>Figure 4.1b :</b> Figure 4.1.Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Staouéli de la période 2011-2012	58
<b>Figure 4.2 :</b> Etages bioclimatiques de la région d'étude durant la période 2001-2011 et l'année 2012 d'après le climagramme d'Emberger.	60
<b>Figure 4.3 :</b> Présentation de la serre d'échantillonnage (Original).	61
<b>Figure 4.4 :</b> Fréquence des intrants chimiques dans la serre de tomate en cours d'expérience.	62
<b>Figure 4.5:</b> Piège à eau (Original).	64
<b>Figure 5.1:</b> Les principaux ravageurs de la tomate.	68
<b>Figure 5.2:</b> Taux d'infestations larvaires par ravageur sur la variété Kartier.	69
<b>Figure 5.3:</b> Evaluation des taux d'infestations des ravageurs de la tomate et estimation de l'importance d'installation primaire.	70

<b>Figure 5.4:</b> Fluctuations des taux d'infestations des principaux ravageurs selon la période.	71
<b>Figure 5.5:</b> Fluctuation temporelle de la dynamique des formes biologiques larvaires des principaux ravageurs.	74
<b>Figure 5.6:</b> Evaluation de la dynamique des formes larvaires chez les principaux ravageurs de la tomate.	77
<b>Figure 5.7:</b> Fluctuations de l'abondance larvaire des principaux ravageurs selon les périodes et les stades larvaires	80
<b>Figure 5.8:</b> Niveau de risque d'infestation par les adultes de <i>Tuta absoluta</i> sur la variété Kartier sous abri-serre.	81
<b>Figure 5.9:</b> Taux d'infestation larvaire de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires sur la variété Kartier.	82
<b>Figure 5.10:</b> Evaluation du taux d'infestation larvaire de <i>Tuta absoluta</i> selon les étages foliaires.	83
<b>Figure 5.11:</b> Comparaison du taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> en fonction des étages foliaires	84
<b>Tableau 1.1:</b> Les classes les plus importantes des composés phénoliques dans les plantes.	36
<b>Tableau 2.1:</b> Production mondiale de la tomate en 2010 [62].	42
<b>Tableau 4.1:</b> Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli période 2001-2011.	55
<b>Tableau 4.2:</b> Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli de la campagne 2011- 2012.	55
<b>Tableau 4.3:</b> Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli de la campagne 2011- 2012 sous serre.	56
<b>Tableau 4.4:</b> Les moyennes de pluviométrie mensuelle de la région de Staouéli, période 2001-2011.	57
<b>Tableau 4.5:</b> Pluviométrie mensuelle de la région de Staouéli de l'année 2012.	57
<b>Tableau 4.6:</b> Indice du risque en fonction des captures des adultes par semaine par les pièges à phéromone [96].	65
<b>Tableau 4.7:</b> Indice du risque en fonction de la présence des larves vivantes dans la culture [96].	65

<b>Tableau 5.1</b> : Résultats du test ANOVA du taux d'infestation selon les espèces et les périodes	71
<b>Tableau 5.2</b> : Ordre d'arrivée des principaux ravageurs dans la serre de tomate	72
<b>Tableau 5.3</b> : Résultats du test GLM de la fluctuation des populations des principaux ravageurs de la tomate selon la période et les formes larvaires	78
<b>Tableau 5.4</b> : Résultats du test GLM du taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i> selon la période et les étages foliaires	83
<b>Tableau 5.5</b> : Ordre d'arrivée du <i>Tuta absoluta</i> sur les étages foliaires de la tomate	85
<b>Tableau 5.6</b> : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de <i>Tuta absoluta</i> et les variations thermiques et la photopériode.	86
<b>Tableau 5.7</b> : Régressions multiples des facteurs environnementaux et la fluctuation globale de <i>Tuta absoluta</i>	86
<b>Tableau 5.8</b> : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de <i>Liriomyza sp</i> et les variations thermiques et la photopériode	87
<b>Tableau 5.9</b> : Régressions multiples des facteurs environnementaux et la fluctuation globale de <i>Liriomyza sp</i>	87
<b>Tableau 5.10</b> : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de <i>Frankliniella occidentalis</i> et les variations thermiques et la photopériode	88
<b>Tableau 5.11</b> : Régressions multiples des facteurs environnementaux et la fluctuation globale de <i>Frankliniella occidentalis</i> .	88

## INTRODUCTION

Les plantes constituent la majorité des ressources énergétiques dont dépendent directement ou indirectement les hommes et les animaux. Elles sont également les seuls organismes supérieurs à pouvoir convertir et stocker l'énergie lumineuse sous formes de glucides, lipides, protéines. Tous les animaux, l'homme y compris, dépendent des plantes pour leur survie.

Malheureusement, lorsqu'une plante est atteinte par une maladie, sa croissance, sa fertilité et sa productivité sont affectées. Des symptômes se développent et tout ou partie de l'organisme peut mourir. Les agents responsables des maladies peuvent être biologiques (micro-organismes, attaques d'insectes) ou physiques (manque de nutriments, lumière, eau, présence des produits toxiques dans le sol).

L'absence de contrôle sur une maladie de plante peut avoir des conséquences dramatiques sur la production et la qualité des produits. Il résulte souvent une augmentation des prix, la possible apparition de toxicité, le bouleversement d'un écosystème qui se répercutent sur l'économie.

Depuis un siècle, le contrôle des maladies des plantes s'est principalement effectué par l'utilisation massive des pesticides qui s'avèrent toxiques non seulement pour les déprédateurs, sur la santé humaine et sur l'environnement. Ainsi, le but majeur du contrôle actuel des maladies de plantes tend à utiliser des méthodes combinées de génie génétique, sélection naturelle des cultures successives et l'utilisation d'agents biologiques antagonistes des agents causals.

Face à ces profils toxicologiques et écotoxicologiques nettement importants constatés au cours de ces dernières décennies et qui sont liés à l'accumulation des résidus de pesticides, il était urgent de développer des méthodes de contrôle

et de protection plus écologiques tout comme les approches alternatives complémentaires et innovantes. Cette démarche s'inscrit dans le cadre du développement d'une protection intégrée, raisonnée ou biologique.

Les relations entre les espèces entomologiques et les plantes hôtes sont conditionnées par différents caractères physiques des végétaux tels que la taille, la forme, la présence de cires épicuticulaires et de trichomes, le stade phénologique et la couleur de la plante [1;2], mais aussi par des facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires [3;4]. Ces substances chimiques ne participent pas aux processus physiologiques primaires mais jouent un rôle primordial dans les interactions interspécifiques [2].

La sélection des plantes hôtes par les insectes, tant phytophages que leurs prédateurs et leurs parasites, doit être considérée dans un contexte évolutif global [5]. L'équilibre observé aujourd'hui résulte notamment de l'interaction plant-insectes qui est dynamique. A chaque instant, la plante ou l'insecte peut acquérir un nouvel avantage. Les deux types de protagonistes, le ravageur et le végétal, s'adaptent de manière différente aux conditions changeantes. D'autres pressions environnementales (comme le microclimat) peuvent aussi avoir un effet dans ces interactions en influençant les cycles de développement et de croissance tant des ravageurs que des plantes hôtes [6].

La tomate *Lycopersicon esculentum* Miller est originaire d'Amérique du Sud. Actuellement, elle est cultivée partout dans le monde sous serre ou en plein champ [7]. La diversité culturelle et la nature du fruit font de la tomate un produit qui est consommé aussi bien à l'état frais, transformé ou séché. La tomate est la commodité la plus cultivée et la plus consommée en Algérie après la pomme de terre. Sa culture sous serre connaît un grand essor dans la région saharienne.

Les cultures sous serres sont plus vulnérables aux maladies cryptogamiques, virales et aux attaques des ravageurs en raison de l'humidité et

de la température ambiante. L'infestation peut se produire sur les organes aériens et/ou sur les racines de façon isolée ou généralisée [7].

La protection de la culture contre les déprédateurs est un souci constant des producteurs de la tomate, la diversité des caractéristiques des diverses espèces nuisibles entraînent en effet une similaire diversité des types de dégâts qui peuvent affecter les différentes parties de la plante.

Ces dernières années la communauté scientifiques a concentré ses travaux [8;9;10;11;12;13;14,15.], sur la biologie et le contrôle d'un nouveau ravageur redoutable, connu sous le nom de *Tuta absoluta* (Meyrick1917), en raison des dégâts considérables occasionnés sur cette culture sous serre et en plein champ [16] ainsi qu'à la faible efficacité des pesticides chimiques utilisés [17;18].

D'autres travaux de sélection sont menés chez la tomate en Amérique latine, visant à produire des cultivars résistants aux ravageurs, les allèles de résistance contiennent des substances allélochimiques associées à la résistance, en particulier la présence de sesquiterpènes «zingibérène», qui confère une résistance à l'acarien [19], la mineuse de la tomate [20] et la mouche blanche [21]. Egalement la présence des acylglycérols, composés phytochimiques qui peuvent agir pour empêcher la ponte, ou le pouvoir d'exercer des effets néfastes sur le développement de certaines phases des ravageurs [22].

Mais la prise en considération de l'entomofaune circulante ou active dans une serre de tomate, ainsi que les relations interspécifiques fonctionnelles entre les espèces phytophages, reste peu étudiée en Algérie.

Cette étude explorera une problématique touchant à la répartition des niches trophiques entre les principaux ravageurs de la tomate sous abris serre. Nous nous sommes focalisés sur les objectifs suivants :

1-Etudier la fluctuation temporelle et estimation des risques des insectes phytophages.

2- Etudier l'ordre d'installation primaire et la répartition des niches écologiques.



# CHAPITRE 1

## STRATEGIE PHYTOSANITAIRE

### 1.1. Risque phytosanitaire et protection des cultures

L'importance des dégâts occasionnés aux cultures par divers organismes nuisibles, dénommés bio-agresseurs (ravageurs, micro-organismes, virus et mauvaises herbes), contraint l'agriculteur à recourir à des mesures de protection phytosanitaire. Parmi celles-ci, la lutte chimique, à l'aide de pesticides de synthèse, longtemps considérée comme la solution la plus efficace et la plus facile à mettre en œuvre. Cependant, ses effets secondaires sur l'environnement et la santé humaine ne s'avéraient pas compatibles avec une exploitation durable des agro-écosystèmes. Des mesures alternatives étaient donc à rechercher en raison des mesures préventives à prendre contre des risques multiples. Ainsi, une stratégie phytosanitaire nouvelle a été conçue, elle reposait d'abord sur la gestion agro-écologique des populations et des peuplements végétaux. Cette nouvelle stratégie raisonnée à court et long terme remettait en cause les pratiques courantes. Elle impliquait une prise en considération rationnelle à l'échelle du paysage, une adaptation des systèmes de culture et une sensibilisation accrue aux problèmes environnementaux [23].

Les pertes de récolte sont globalement évaluées à quarante pour cent (40%) de l'ensemble de la production potentielle des cultures alors que les demandes qualitatives et quantitatives restent croissantes [24]. Cette estimation masque une grande variabilité des risques encourus en fonction des zones de production, des conditions pédoclimatiques, des systèmes de culture, des bio-agresseurs concernés et des cultures elles-mêmes. En outre, le risque phytosanitaire peut être plus ou moins supportable en fonction des conditions socio-économiques locales.

De nos jours, la sous-alimentation observée dans certaines régions du monde résulte d'abord d'une inégale répartition des ressources mais également des remises en cause des procédés de protection des cultures. Soit qu'ils s'avèrent d'une efficacité insuffisante ou trop coûteuse, soit qu'ils soient responsables de graves désordres pour la santé humaine et pour la préservation de l'environnement [23].

Au milieu du siècle dernier, la découverte et la mise au point des pesticides de synthèse avaient permis un moment de pouvoir croire à une solution définitive aux problèmes de protection des cultures. Cependant, les désavantages de cette technique de lutte contre les bio-agresseurs obligeaient les utilisateurs à raisonner son emploi notamment pour les traitements préventifs qui sont déterminés en fonction des risques potentiels encourus pour une culture donnée dans un agrosystème déterminé. L'identification meilleure des bio-agresseurs et l'approfondissement des connaissances de leurs cycles biologiques de développement notamment les stades phénologiques sensibles des plantes cultivées permettraient de déterminer les conditions d'intervention optimales et d'évaluer objectivement le risque phytosanitaire réellement encouru au niveau de chaque parcelle de culture [23].

Le seuil de nuisibilité est considéré comme une aide à la décision confiée au technicien sur le risque réellement encouru en matière de pertes de récolte, de valeur économique supérieure au coût d'un ou de plusieurs traitements phytosanitaires. C'est aux techniciens de décider de l'opportunité d'intervenir au moyen des procédés les plus appropriés. La technique de lutte recommandée exige un traitement efficace, curatif et immédiat. La facilité, de sa mise en œuvre, est cette propriété particulière dont possèdent les pesticides de synthèse. C'est ce qui explique leur succès auprès des utilisateurs. Les modalités d'application font donc l'objet de spécificités techniques au risque de subir des effets secondaires néfastes pour la santé humaine et l'environnement (spécificité d'action, effets non intentionnels, protection des pollinisateurs, doses d'application, réglage des

pulvérisateurs, délais avant récoltes, élimination soignée des emballages de produits phytosanitaires, etc.) [25; 26].

L'adoption de la méthode de lutte intégrée, visant à assurer la compatibilité de cette technique de lutte chimique avec d'autres procédés de lutte (biologique ou biophysique), avait donné l'espoir d'obtenir des traitements efficaces et globaux permettant de limiter les effets négatifs sur l'environnement [27]. Faute de disposer de solutions alternatives suffisamment performantes, l'application de cette méthode est souvent réduite à une utilisation raisonnée des pesticides de synthèse.

Il en résultait que cette méthode curative traditionnelle devait sans tarder faire place à une démarche préventive innovante de nature agro écologique sous la forme d'une véritable gestion des populations parasites et auxiliaires associées. En conséquence, le risque phytosanitaire est utilisé comme un objectif de prévention.

## 1.2. La prévention du risque phytosanitaire

Dès la fin des années 1960, les scientifiques américains préféraient le concept d'IPM (integrated pest management) à celui de lutte intégrée (integrated control), pourtant tout juste adopté par l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) en 1967. Souvent, ces expressions sont encore aujourd'hui considérées comme équivalentes, alors qu'en fait, elles traduisent deux visions fondamentalement différentes de la protection des cultures. Le concept d'IPM privilégie la lutte contre les nuisibles et celui de lutte intégrée accorde la priorité à la gestion de leur population [27].

L'explication émise, par un groupe de travail de l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB), est que l'élément novateur du concept de protection intégrée tient à la perception de la protection des cultures comme l'une des composantes de la gestion globale des agro-écosystèmes ou agro-

systèmes sous la forme d'une production agricole intégrée lui conférant une dimension spatio-temporelle nouvelle [28].

Les travaux réalisés, lors des conférences des Nations Unies de Stockholm (1982), de Rio de Janeiro (1992) et de Johannesburg (2002), considéraient les questions environnementales comme des préoccupations internationales majeures durables réaffirmées lors de l'adoption de la convention sur la conservation de la diversité biologique et du plan d'action mondial (Agenda 21). La convention et l'agenda 21 recommandaient l'utilisation de pratiques agronomiques durables [29]. La FAO avait ainsi réajusté sa position sur la lutte intégrée en adoptant le concept de gestion intégrée des cultures [25]. Dans ce cadre, les bases écologiques d'un nouveau modèle de protection des cultures étaient élaborées, dès 1996, à l'initiative du conseil national de la recherche des États-Unis [30], alors que, l'OILB actualisait ses principes d'intervention phytosanitaire [31].

Par ailleurs, une stratégie nouvelle impliquant, la mise au point de nouveaux systèmes de culture, qui privilégieraient le renouvellement de l'approche conceptuelle de la protection des cultures par rapport à la seule amélioration technique des performances de procédés alternatifs de lutte. Il s'agissait désormais d'intégrer rationnellement l'agriculture dans les fonctions de l'écosystème au lieu de domestiquer la nature. Cette nouvelle stratégie phytosanitaire nécessitait donc la prise en compte de la dimension spatio-temporelle des phénomènes et impliquait l'aménagement des systèmes de culture. Dans un cadre socio-économique donné, les objectifs de production sont logiquement liés aux contraintes environnementales de la biosphère. Au plan scientifique, cette nouvelle orientation est confortée par l'évolution de nos connaissances en biologie, en génétique et en écologie des populations [31].

### 1.3. Intérêt de la défense chimique des plantes en protection phytosanitaire

Les sciences ont ouvert une nouvelle voie dans le domaine de la protection des plantes. Les défenses chimiques des plantes ont évolué avec le temps pour être en mesure de survivre contre les prédateurs [32].

Elles ont développé des métabolites secondaires qui sont des substances dont les plantes n'ont pas besoin pour leur développement. Ces substances n'interviennent ni dans la croissance, ni dans la reproduction. Elles servent dans des conditions spécifiques de défense [33].

Il existe trois familles de composés chimiques principaux utilisées par les plantes pour se défendre: les dérivés azotés, les terpénoïdes et les phénols. En grande quantité, les composés chimiques principaux sont toxiques voire mortels, mais nombreux peuvent être utilisés comme médicaments à l'usage humain [23].

### 1.4. Intérêt technique

Les molécules de défense naturelle sont les réactions de défense de la plante. Cette dernière mobilise ainsi ses propres moyens. Souvent, il s'agit d'une résistance systémique acquise qui est très efficace contre un large spectre d'agresseurs. Ce faisceau de résistance permet d'envisager une lutte contre les viroses et les phytoplasmes contre lesquels aucun traitement actuellement n'est connu [34].

### 1.5. Les dérivés azotés

Les dérivés azotés se subdivisent en alcaloïdes, en glucosinolates, en glycosides cyanogénétiques et en acides aminés non-protéiniques. Les dérivés azotés ont des effets sur l'organisme humain [34].

### 1.5.1. Les alcaloïdes

Ce sont des molécules organiques dont la base est un cycle azoté. La majorité a un goût amer. Cela représente un premier critère de défense contre les prédateurs. La fabrication d'alcaloïdes est effectuée dans la plante par le métabolisme chargé de produire des acides aminés. Ils ont des propriétés pharmacologiques connues sur les êtres humains et les animaux. Ils peuvent être utilisés comme médicaments ou drogues selon le dosage [35].

En grande quantité, les alcaloïdes sont capables de détruire les liaisons phosphodiester d'un organisme par hydrolyse avec un groupe hydroxyle (OH) libre. Ces phosphodiester sont chargés de la dégradation des lipides et des glucides dans le corps humain. La nicotine est un alcaloïde d'origine végétale. L'application pratique est observée chez les fumeurs qui ont tendance à prendre du poids lorsqu'ils s'arrêtent de fumer. Les nucléotides, composant l'ADN et l'ARN, sont liés par des liaisons phosphodiester, lorsque ces dernières sont détruites, il pourrait y avoir risque d'erreurs de copie de l'information génomique et d'altération du code des acides aminés formant les protéines du corps, les erreurs génétiques pourraient persister et se traduire par des cancers. Si l'altération du code aboutissait à la formation d'une protéine différente, le fonctionnement de l'organisme pourrait être modifié.

Un taux élevé de cancer du poumon chez les plus gros consommateurs de nicotine est souvent observé [35].

Par ailleurs, les vinca-alcaloïdes, extraits de pervenches, sont utilisés en chimiothérapie pour combattre des cancers notamment, ceux du sein et du poumon. Ces alcaloïdes se lient aux récepteurs de la tubuline, c'est à dire la protéine responsable de la fabrication des microtubules. Ces microtubules constituent le fuseau mitotique indispensable à la mitose des cellules. Si le fuseau mitotique est inexistant, les cellules cancéreuses cesseraient de se diviser.

De plus, la famille des taxanes (extraits de l'if) favorise la polymérisation de la tubuline. En conséquence, les microtubules deviennent alors plus résistants et les chromosomes ne peuvent plus migrer vers la périphérie de la cellule rendant la mitose impossible [35].

Des alcaloïdes agissent directement sur le système nerveux central par saturation des récepteurs. D'autres molécules peuvent prendre leur place et réduire ainsi de leur influence. L'exemple connu, est celui de la caféine, alcaloïde présent dans le café, utilisé comme stimulant. La caféine possède la même structure que l'adénosine ou molécule fixe, sur des récepteurs spécifiques du système nerveux central, chargée de faire ressentir la fatigue. Présente, la caféine se fixe sur les mêmes récepteurs pour réduire ou annihiler les effets de l'adénosine permettant de rester en éveil. En grandes doses, les alcaloïdes agissent également sur le système cardio-vasculaire pouvant entraîner des risques de tachycardie [35].

L'héroïne est une drogue. C est un alcaloïde dérivé de la morphine [35]. La morphine provoque les mêmes effets bien que son mode d'action soit encore mal connu. Elle se fixe sur les récepteurs de perception de la douleur. Elle est utilisée comme analgésique. L'absorption, à forte dose, de substances psychotropes peut conduire à une forte dépendance.

### 1.5.2. Les glucosinolates

Ce sont des molécules dérivées du glucose contenant un sulfure et un azote. Les alcaloïdes, les glucosinolates ont des saveurs amères et piquantes provoquant la répulsion des insectes. Les glucosinolates se rencontrent principalement dans les plantes de la famille des brassicales comme le radis, la moutarde ou le chou. Les glucosinolates font partie du système de défense plus élaboré de ces plantes [34].

Il existe dans les cellules des plantes une enzyme dénommée tyrosinase. Elle est séparée des glucosinolates par une membrane. Si les tissus de la plante sont endommagés, cette membrane serait détruite et la tyrosinase hydrolyserait les glucosinolates. En présence d'eau, le groupement glucose, détenant plusieurs fonctions hydroxyles, séparées de la molécule, devient alors une molécule d'isothiocyanate de nitrile ou de thiocyanate. La base de ces trois composés est la relation d'un carbone avec un azote et un soufre.

Les trois composés se constituent après suppression du glucose. Le produit de la réaction paraît être souvent l'isothiocyanate. Les trois substances sont classées comme toxiques. Elles possèdent toutes l'anion  $CN^-$ , composant principal des cyanures, rangés comme poisons violents. L'ingestion de ces produits peut conduire à un dysfonctionnement de la glande thyroïde voire à une hyperthyroïdie. A fortes doses, ces produits provoquent la mort [36].

A petites doses, l'isothiocyanate possède une fonction anti-cancérogène par son action inhibitrice sur les cytochromes P450. Ces derniers sont responsables de l'oxydation d'hydrocarbures en molécules polaires responsables de la mutation des cellules qui conduisent à la maladie du cancer. L'isothiocyanate évite cette action. Il est suspecté d'être responsable de l'apoptose de cellules contaminées, d'empêcher la tumeur de se répandre et d'évoluer en cancer [36].

### 1.5.3. Les glucosides cyanogénétiques

Les glucosides, appelés également hétérosides, sont des dérivés du glucose divisés en plusieurs familles dont les cyanogénétiques. Ces derniers sont présents dans des plantes de la famille des rosacées qui comprend de nombreux arbres fruitiers: amandier, cerisier, pommier. Leurs caractéristiques principales sont de libérer de l'acide cyanhydrique par hydrolyse, composé hautement toxique voire mortel, parce qu'il possède tout comme l'isothiocyanate l'anion  $CN^-$ .

Le premier symptôme de l'intoxication au cyanure est l'anoxie: l'organisme n'utilise plus assez d'oxygène pour fonctionner correctement. Le cyanure ne diminue pas la quantité d'oxygène dans le sang mais, empêche son utilisation au niveau des cellules. Il interfère avec les cytochromes, des enzymes responsables des réactions d'oxydoréduction nécessaires au cycle respiratoire. Privés d'oxygène, le cœur et le cerveau cessent toute activité. Une dose de 300 ppm - partie par million- provoque la mort d'une personne en quelques minutes alors qu'une dose de 50 ppm de cyanure comporte des risques graves. La personne éprouve souvent des difficultés à respirer et une mollesse musculaire dues au manque d'oxygène avant de s'évanouir et/ou tomber dans le coma [36].

#### 1.5.4. Les acides aminés non-protéiniques

Ce sont des acides aminés, c'est à dire des molécules organiques possédant une fonction amine et une fonction acide carboxylique, qui ne participent pas à la synthèse de protéines. Ils ne sont pas toxiques ou dangereux pour l'homme. Certains sont utilisés comme intermédiaires métaboliques, c'est à dire qu'ils aident à synthétiser d'autres molécules (neurotransmetteurs, hèmes, nucléotides...) [37].

Les acides aminés, utilisés par les plantes pour se défendre, se trouvent principalement dans les légumes et leurs graines. Nombreux sont des anti-métabolites structurellement semblables aux métabolites normaux avec cependant des propriétés différentes. Un anti-métabolite peut être incorporé par erreur dans la synthèse d'une protéine créant ainsi une protéine nouvelle et provoquant un dysfonctionnement des cellules de l'organisme. L'exemple de la canavanine qui ne diffère de l'arginine que par la présence d'un oxygène responsable de la mort de petits animaux tels les souris, et la mimosine, constituée d'un azote et d'un oxygène supplémentaire que la tyrosine, est considérée comme une substance toxique [37].

En conséquence, les acides aminés n'ont pas d'utilisation pratique directe dans les produits médicamenteux. Cependant, ils font partie de notre organisme.

Les mécanismes chimiques de défense des plantes ont une relation avec les substances chimiques non essentielles à leur développement. Les alcaloïdes et les glucosinolates, par leur saveur, ont des actions de répulsion des déprédateurs. La majorité est considérée comme toxique ou mortelle. Les alcaloïdes interagissent directement avec le système nerveux et l'ADN à l'instar des acides aminés non-protéiniques.

Lors d'une ingestion, les glucosinolates et les glucosides cyanogénétiques évoluent en poison par hydrolyse. Cette réaction empêche l'utilisation de l'oxygène par les cellules du corps [35]. Pourtant, les défenses sont quantitatives et les doses ne sont pas considérées comme létales. Les plantes se défendent en priorité contre les déprédateurs. Les êtres humains ne sont pas nécessairement victimes des mêmes symptômes. Il est possible d'obtenir des médicaments en étant capable de doser les produits chimiques végétaux. Nombreux sont ceux utilisés dans le traitement des cancers pour prévenir les mitoses. Les alcaloïdes permettent diverses applications notamment avec la morphine et ses dérivés considérés comme analgésiques puissants ainsi que la caféine qui est un stimulant cardiaque. Dans l'ensemble, les acides aminés non-protéiniques servent à métaboliser des molécules nécessaires à notre organisme [34].

### 1.6. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes, appelés également isoprénoïdes, font partie d'un des plus importants groupes de produits naturels avec plus de 30 000 produits connus à ce jour. La majorité est non encore synthétisée. Les terpénoïdes ont comme motif de base l'isoprène. Leur squelette est construit à partir de l'union d'au moins deux de ce motif à 5 carbones (C5) [38].

Les terpénoïdes sont classés en fonction du nombre de carbones: mono- et sesquiterpènes (C10 et C15), diterpènes (C20), triterpénoïdes et stéroïdes (C30), caroténoïdes (C40) et polyisoprènes (Cn). Chacune a son importance, soit dans le développement des plantes, soit dans le métabolisme ou l'écologie. La plupart des terpénoïdes naturels a une structure cyclique substituée par un ou plusieurs groupements fonctionnels (hydroxyle, carbonyle, etc...) [38].

### 1.6.1. Les monoterpènes et les sesquiterpènes

Ils sont issus du couplage de deux unités isopréniques, pour les monoterpènes et, de trois unités isopréniques, pour les sesquiterpènes. Ils existent dans les huiles essentielles et sont largement distribués chez les végétaux supérieurs. Ils se retrouvent sous les formes : Acycliques, Monocycliques et Aldéhydes. Le plus souvent, ils sont sous les formes Acycliques, Alcools monocycliques, Alcools bicycliques et Alcools acycliques [39 ; 40].

#### 1.6.1.1. Les monoterpènes

Ils comportent dix (10) atomes de carbone et sont issus des couplages de deux unités isopréniques « tête à queue ». Ils sont pourvus d'une grande diversité structurale. A titre d'exemple quelques structures:

- acyclique (myrte 1, sécoïdane 2...)
- monocyclique (p-menthane 3,iridane 4 etc)
- bi et tricyclique (carane 5, pinane 6, bornane 7...)

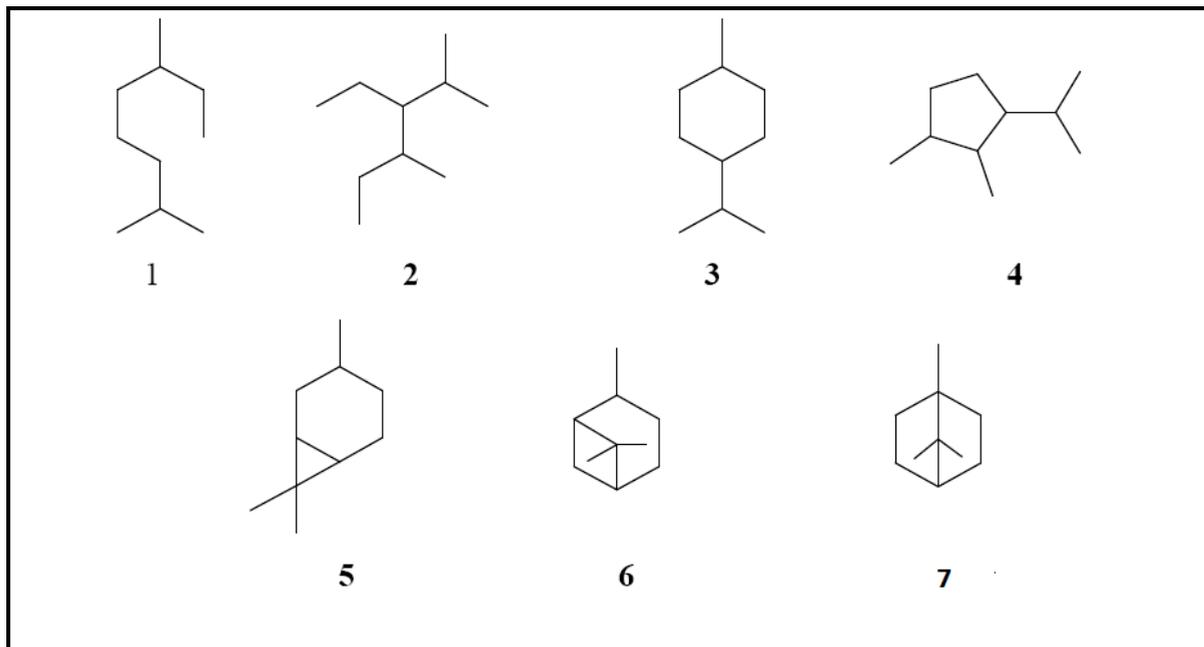


Figure 1.1 : Exemple de quelques monoterpènes cycliques et acycliques [39].

Il existe également, un nombre important de structures irrégulières qui proviennent d'une recombinaison de précurseurs réguliers.

#### 1.6.1.2. Les sesquiterpènes

Ils constituent un groupe de structures très diversifié dont plus de 200 squelettes carbonés déjà identifiés. Les structures carbonées de ces composés sont constituées de farnésyl di-P (assemblage de trois unités isoprènes).

##### 1.6.1.2.1. Les sesquiterpènes acycliques

Ils constituent un groupe relativement moins abondant dans la nature. Ils dérivent tous du farnésol, du nérolidol et de leurs esters pyrophosphates. La plupart des sesquiterpènes acycliques ont un noyau furane ou tétrahydrofuranyl. Le farnésol (8) se forme par déphosphorylation de son précurseur le farnésyl di-P.

### 1.6.1.2.2. Les sesquiterpènes monocycliques

L'acide -abscissique (9) : une phytohormone présente dans les bourgeons, les feuilles et les fruits de nombreuses plantes.

### 1.6.1.2.3. Les bicycliques

l' -cadinène (10), l'alcool carotol (11), guaiazulène (12), l'humulène (13), cédrol (14).

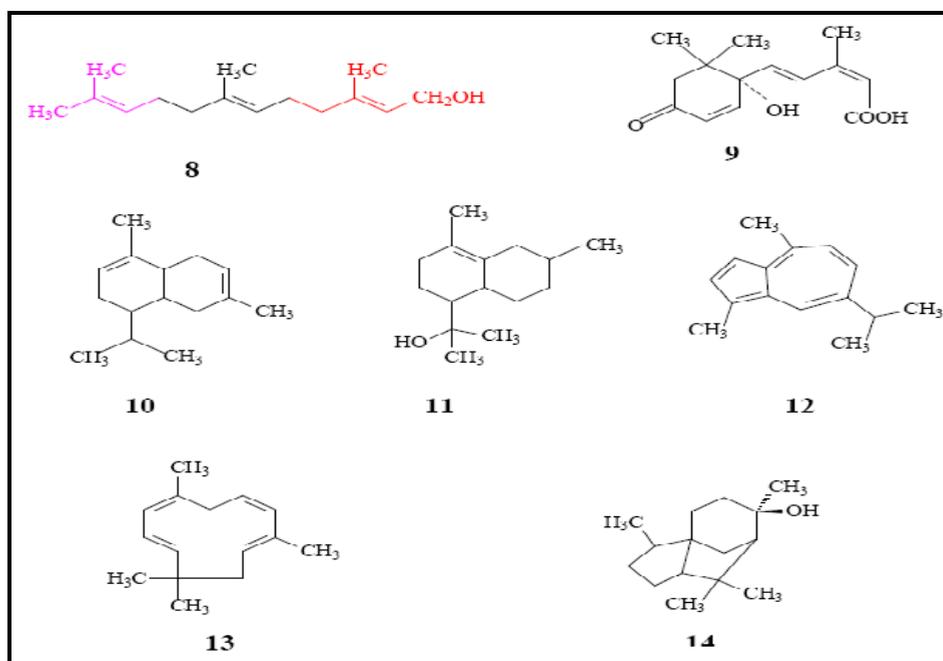


Figure 1.2 : Structures des sesquiterpènes acycliques, mono et bi-cycliques [39].

### 1.6.2. Les diterpènes

Ce sont des dérivés des hydrocarbures en  $C_{20}H_{32}$ , issus du couplage de quatre unités isopréniques ( $n=4$ ). Au point d'ébullition, ces composés, se rencontrent surtout dans les résines. Ils sont particulièrement nombreux chez les *Lamiaceae* et les *Asteraceae*. Ils peuvent être, acycliques ou bio tri-cycliques. Sur le plan pharmacologique, les diterpènes tricycliques à noyau taxane notamment le taxol et le taxotère, sont les plus attractifs. Ils sont utilisés dans le traitement des tumeurs de l'ovaire, du poumon et du sein. Ils sont répandus chez les végétaux supérieurs et sont classés en fonction de leur diversité structurale.

### 1.6.2.1. Les acycliques

Le phytol, alcool non saturé, estérifié dans les chlorophylles, la vitamine K1.

### 1.6.2.2. Les bi et tri-cycliques

Le taxane, le tiglane, le manool et le forskoline.

### 1.6.3. Les triterpènes et les stéroïdes

Les triterpènes: Ce sont des composés en C<sub>30</sub>. Ils sont très répandus dans les résines, à l'état libre, estérifiés ou sous la forme hétérosidique. Ils peuvent être des (figure 1.3):

- Composés aliphatiques : par exemple, le squalène, il est présent dans le règne animal. Il se rencontre également dans l'insaponifiable d'huiles végétales (olive, lin, arachide). C'est un intermédiaire dans la biogenèse des triterpènes cycliques et des stéroïdes.
- Composés tétracycliques, par exemple, les stéroïdes et les phytostérols.
- Composés pentacycliques, ils sont fréquents chez les plantes notamment a-amyrine et b-amyrine. Ils sont issus de la cyclisation de l'époxysqualène ou du squalène. Les stéroïdes peuvent être considérés comme des triterpènes tétracycliques ayant perdu au moins trois méthyles.

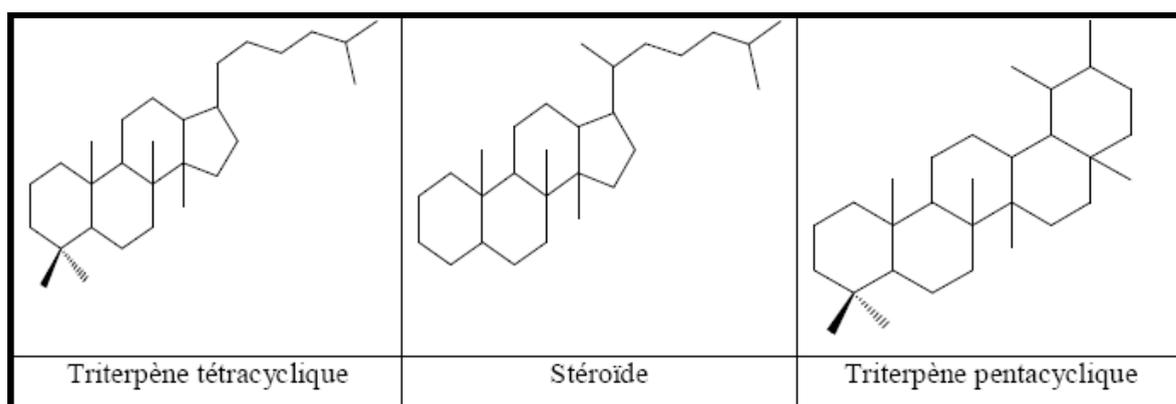


Figure 1.3 : Squelettes de base des triterpènes [39].

Les stéroïdes sont abondants dans les végétaux et les animaux. Ils ont en commun une structure chimique incluant un squelette de base perhydrocyclopentanophenanthrène (figure 1.4).

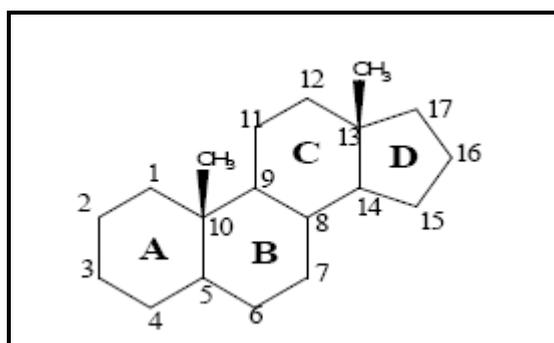


Figure 1.4 : Noyau perhydrocyclopentanophenanthrène [39].

Parmi ces composés, les stérols largement répandus dans le monde vivant (Figure 1.5) se rencontrent chez les bactéries, les champignons, les plantes supérieures, les protozoaires, les métazoaires (spongiaires, madrépores, vers, mollusques...) et les algues (figure 1.5).

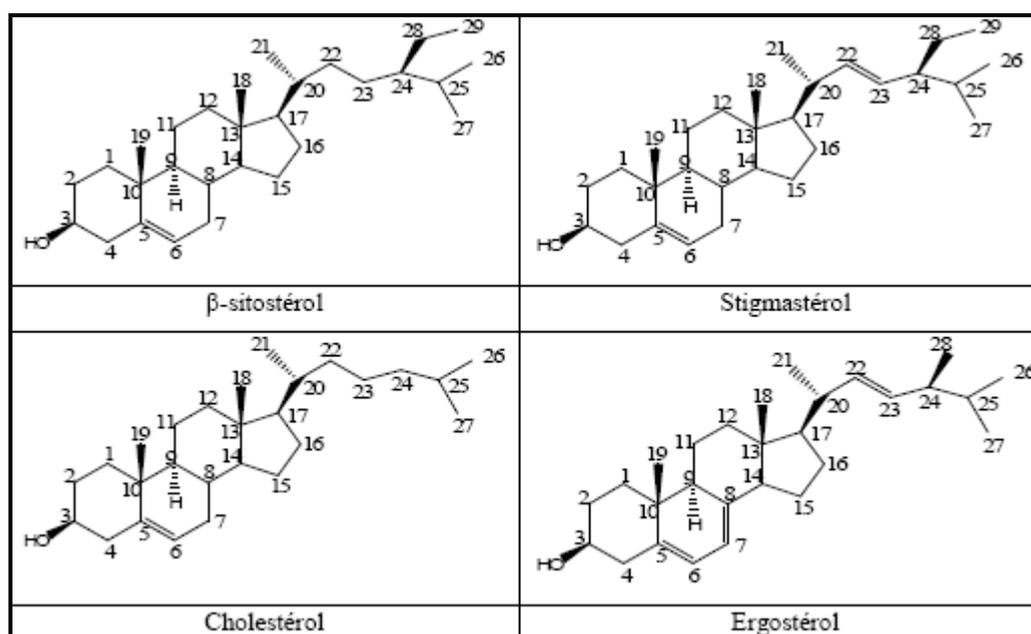


Figure 1.5 : Exemple de stérols rencontrés chez le règne végétal et animal [39].

En général, du point de vue structurale, les stérols se caractérisent par la présence en position 3 β du squelette, d'un hydroxyle libre, étherifié (glycosides)

ou estérifié (stérides : sans intérêt pharmacologique connu), de deux méthyles en position 10  $\beta$ , 13  $\beta$  et d'une chaîne carbonée en 17 $\beta$  [41].

Parmi ces stérols, du point de vue activité biologique, le plus important est le  $\beta$ -sitostérol présent dans toutes les plantes y compris les fruits et les légumes. Ils sont rencontrés également dans des aliments comme les germes de blé ou de soja, les huiles végétales comestibles telles que l'huile de graine de tournesol ou de maïs. Des études effectuées sur des animaux révèlent que le  $\beta$ -sitostérol, comme son glucoside, possède des propriétés anti-inflammatoires, antipyrétiques, antinéoplasiques et immuno-modulatrices [42]. Il a des effets anti tumoraux observés sur les cellules du cancer de la prostate [43]. L'administration des stérols et stanols végétaux, par voie orale ou parentérale, entraîne une diminution des concentrations plasmatiques du cholestérol total, c'est-à-dire réduisant les niveaux sanguins du cholestérol. La ressemblance chimique avec le cholestérol permet son incorporation dans les membranes cellulaires et son pouvoir de bloquer l'absorption du cholestérol par inhibition compétitive [44 ; 45]. D'autres études ont relevé les effets bénéfiques du  $\beta$ -sitostérol in vitro sur des cellules du cancer, du côlon ou du sein [46-47].

### 1.7. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques correspondent à une grande variété de substances possédant un cycle aromatique portant au moins un groupement hydroxyle. Dans cette catégorie, se trouvent de nombreuses substances: les noyaux simples en C6-C1, les phénylpropanoïdes (C6-C3) (figure 1.6), les noyaux dérivant de l'extension du phényle propane, en C6-C3-C6, comme les chalcones, les flavones, les flavonols ou les dérivés du flavane ou du flavane-3-ol (catéchines et proanthocyanidines). Les différentes classes de composés phénoliques figurent dans le tableau 1.1, leurs structures sont illustrées dans la figure 1.6.

Tableau 1.1 : Les classes les plus importantes des composés phénoliques dans les plantes

nombre d'atomes de carbone	squelette de base	classe
6	C6	phénols simples, benzoquinones
7	C6 - C1	acides phénoliques
8	C6 - C2	acétophénone, acide phénylacétique
9	C6 - C3	acide hydroxycinnamique, polypropène, coumarine, isocoumarine
10	C6 - C4	naphtoquinone
13	C6 - C1 - C6	xanthone
14	C6 - C2 - C6	stilbène, anthraquinone
15	C6 - C3 - C6	flavonoïdes, isoflavonoïdes
18	(C6 - C3) <sub>2</sub>	lignanes, neolignanes
30	(C6 - C3 - C6) <sub>2</sub>	biflavonoïdes
n	(C6 - C3) <sub>n</sub> (C6) <sub>n</sub> (C6 - C3 - C6) <sub>n</sub>	lignines catecholmelanine (tannins condensés)

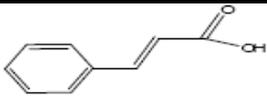
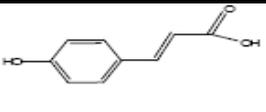
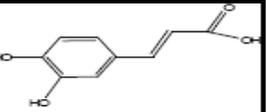
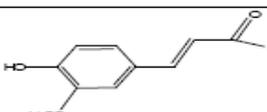
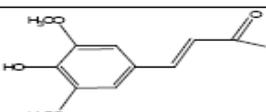
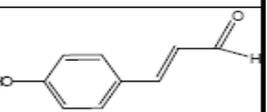
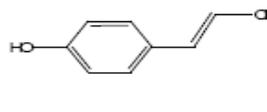
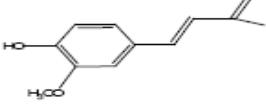
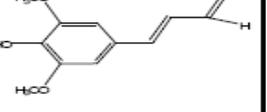
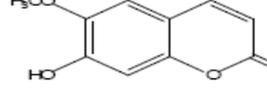
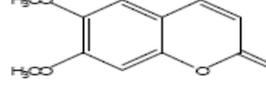
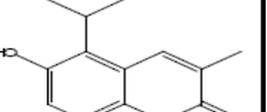
		
acide t-cinnamique	acide p-coumarique	acide caféique
		
acide férulique	acide sinapique	p-coumaraldéhyde
		
alcool p-coumarylique	coniféraldéhyde	sinapaldéhyde
		
scopolétine (coumarine)	scoparone	3,8-diméthyl-5-isopropyl-6-hydroxycoumarine

Figure 1.6 : Structures de quelques composés phénylpropanoïdes et coumarine.

## CHAPITRE 2

### LES CULTURES MARAICHERES : LA TOMATE

#### 2. 1. Historique de la plante

Le lieu d'origine de la tomate serait les Amériques Centrale et du Sud (Mexique, Pérou, Equateur et Bolivie) [48]. Selon Vernouillet (2007) [49], le mot "Tomate" était une déformation du mot inca "Tomalt". C'était au Pérou et ses environs, au XIIIème siècle, que naissait la tomate qui n'était alors pas plus grosse que la cerise contemporaine. Les Incas la cultivaient également dans la région andine. Elle fut découverte, au XVIème siècle, par les conquérants espagnols en Amérique du Sud.

D'après Delorme (2004) [50], en 1544, elle fit sa première apparition en Europe dans les jardins sévillans en Espagne. Aujourd'hui, la plante tropicale s'est adaptée à des régions plus froides que celles situées aux Amériques. Elle est maintenant cultivée dans les pays chauds et tempérés du monde entier.

#### 2.2. Importance de la tomate dans les cultures maraichères

La tomate, *Lycopersicon esculentum* Miller, est une plante annuelle de la famille des solanacées. Plus de 3200 variétés sont inscrites au catalogue européen [51]. Au 20ème siècle, elle est cultivée sous presque toutes les latitudes sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, soit environ un tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes [52]. Elle est devenue, l'un des premiers légumes produit dans le monde avec 130 millions de tonnes en 2008 [53].

La tomate est aujourd'hui le légume le plus important à caractère commercial, elle est consommée dans le monde entier. C'est un des légumes le

plus important dans l'alimentation humaine après la pomme de terre. La tomate est destinée à la consommation en frais ou à la transformation industrielle. Les fruits de tomate sont une source importante en minéraux, vitamines, antioxydants et fibres dans l'alimentation humaine [53].

En effet, la consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré. Elle contient beaucoup de vitamines B et C, du fer et du phosphore. Les tomates se consomment fraîches en salades ou cuites dans des sauces, des soupes ou des plats de viande ou de poissons. Il est possible de les transformer en purée, en jus et en ketchup. Les fruits séchés et mis en conserve sont des produits transformés d'une importance économique [54].

La tomate est une source de vitamine C et de potassium, elle contient de l'acide folique et de la vitamine A. La tomate verte est très acide et contient une substance toxique, la solanine, qui disparaît à la cuisson. La tomate est dite apéritive, diurétique, antiscorbutique, énergétique, désintoxiquante et reminéralisante.

La tomate joue, de nos jours, un rôle important dans l'alimentation parce que peu de légumes se prêtent à une telle diversité d'emploi. Il est dénombré environ 118 recettes culinaires [54].

### 2.3. La tomate en serre

La dénomination « cultures en serre », dans la majorité des publications récentes [55], prend en compte les cultures sous « abri plastique et verre ». Aujourd'hui, dans le monde, ce mode de culture s'étend sur 2 400 000 ha toutes cultures confondues dont 45 000 ha sous « abri verre » [56]. Les serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ car elles permettent de pallier aux difficultés liées à la température, à la lumière et aux conditions d'humidité. Elles créent des conditions nouvelles permettant d'étendre considérablement la période de production.

Des avantages sont à souligner tels l'exclusion relative des ravageurs hors de la zone contrôlée et la plus grande proximité entre les producteurs et les lieux de commercialisation [56]. A ceux-ci, s'opposent le coût élevé de ces cultures et la difficulté à contrôler les ravageurs lorsque ceux-ci s'y introduisent [57].

## 2.4. Description de la tomate

La tomate est une plante annuelle de la famille des solanacées, le fruit est une baie. Cette dernière est rouge, parfois jaune ou orangée, de forme ronde ou plus ou moins allongée, lisse ou creusée de sillons. Le fruit est à péricarpe entièrement charnu dont la pulpe est divisée en loges, contenant les graines dans un mucilage [58].

## 2.5. Classification et caractéristiques botaniques

### 2.5.1. Classification

Kolev (1976) [48] classe la tomate parmi:

L'embranchement	: Phanérogames
Le sous /embranchement	: Spéramphytes
L'ordre	: Polemoniales
La famille	: <i>Solanacae</i>

### 2.5.2. Caractéristiques botaniques

Du point de vue botanique, la tomate est à forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur supérieure à 50 cm. La racine principale produit une haute densité de racines latérales adventices. Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pleine, fortement poilue et glandulaire, pousse jusqu'à une longueur comprise entre 2 à 4 m (Fig. 2.1). Les feuilles dont les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires sont disposées en spirale. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm. Les fleurs sont bisexuées mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs. Le fruit est une baie

charnue, de forme globulaire ou aplatie, mais généralement ronde et régulière ou côtelée d'un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange [54].

Les tiges, les feuilles et les jeunes fruits sont recouverts de poils simples ou glanduleux qui confèrent une odeur caractéristique à la plante [59].

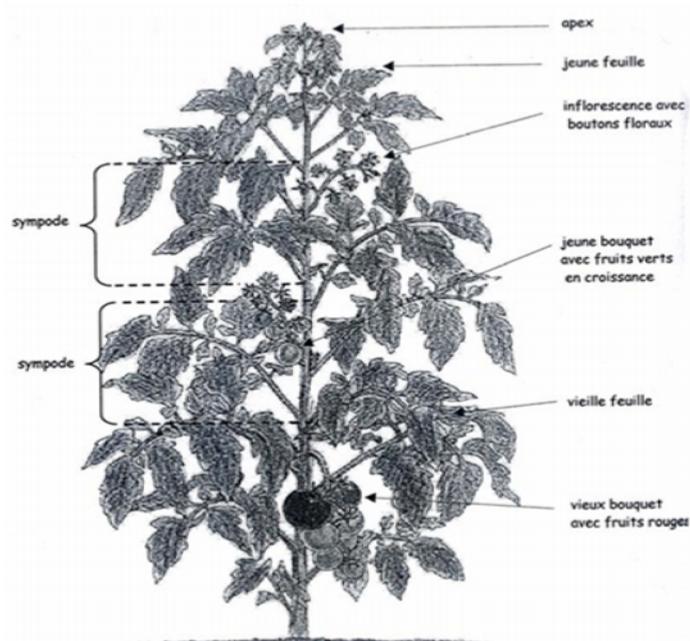


Figure 2.1: Plant de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) [59].

## 2.6. Diversité des espèces de tomate

La région de diversification du genre *Lycopersicon* se situe au Pérou. Il s'agit des espèces sauvages apparentées. On trouve l'espèce *L. pimpinellifolium*, à fruits rouges; les espèces *L. parviflorum* et *L. chimielewskii*, autocompatibles formant un autre complexe sous-génétique. *L. chilense* est moins variable. L'espèce *L. cheesmanii* présente la particularité d'être absente évoluant isolément dans les îles Galápagos [60]. La forme à petits fruits, *L. esculentum* Var

*cerasiforme* ou tomate cerise, est la seule forme sauvage du genre rencontrée en dehors de l'Amérique du sud [61].

## 2.7. Cycle biologique de la tomate

La tomate est une culture annuelle, et pérenne sous certaines conditions [58]. Les semences sont mises en pépinière. La germination a lieu après 3 à 4 jours.

Elle est épicée. Après 25 à 45 jours en pépinière, les plantules sont repiquées avec 15 cm de hauteur, 5 à 6 feuilles et une tige d'environ 5 mm de diamètre.

La floraison débute 50 à 65 jours après la mise en pépinière. Les plantes sont très sensibles à la température qui joue un rôle essentiel lors de la formation des fleurs. La première récolte intervient 60 à 80 jours après le repiquage. Elle débute lorsque les fruits sont rouges pour la transformation, oranges à rouges pour la consommation immédiate, ou verts jaunâtres, pour la consommation différée [58].

## 2.8. L'importance de la tomate dans le monde

La production mondiale est concentrée dans quelques pays à haute productivité et employant les techniques modernes de production de plants de culture. Les dix principaux pays producteurs pour 2008 et 2009 sont repris dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Production mondiale de la tomate en 2010 [62].

Pays	2008	2009	2010
Chine	39.938.708	45.365.543	41.879.684
Etats-Unis	12.735.100	14.181.300	12.902.000
Turquie	10.985.400	10.745.600	10.052.000
Inde	10.303.000	11.148.800	11.979.700
Egypte	9.204.100	10.278.500	8.544.990
Italie	5.976.910	6.878.160	6.024.800
Iran	4.826.400	5.887.710	5.256.110
Espagne	4.079.750	4.603.600	4.312.700
Brésil	3.867.660	4.310.480	3.691.320
Mexique	2.936.770	2.591.400	2.997.640

### 2.9. L'importance de la tomate en Algérie

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne [63]. Environ 40 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de la tomate maraîchère et industrielle produisant une production moyenne annuelle de 1,1 million de tonne avec des rendements moyens de 30 tonne/ha [64]. Les rendements demeurent extrêmement faibles par rapport à ceux enregistrés dans les pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) où les rendements sont compris entre 35 tonnes/ha à 150 tonnes /ha [65].

Les figures (2.2, 2.3, 2.4) indiquent un accroissement des superficies, des productions et des rendements dus aux coûts rémunérateurs, à l'amélioration et à la maîtrise des techniques culturales et à la demande forte et croissante de la population pour ce légume.

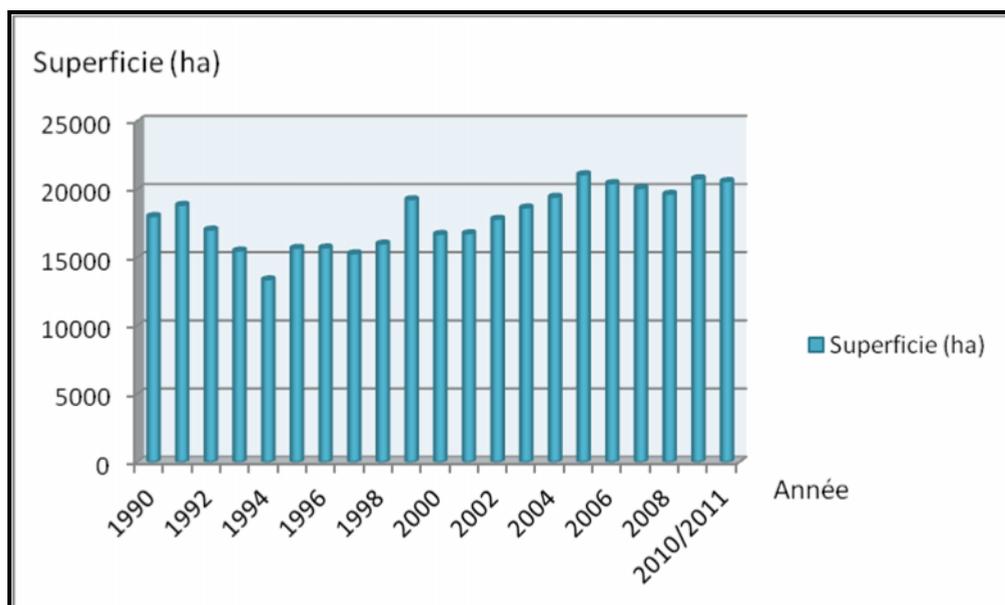


Figure 2.2 : Evolution de la superficie de la tomate en Algérie entre 1990-2011[64].

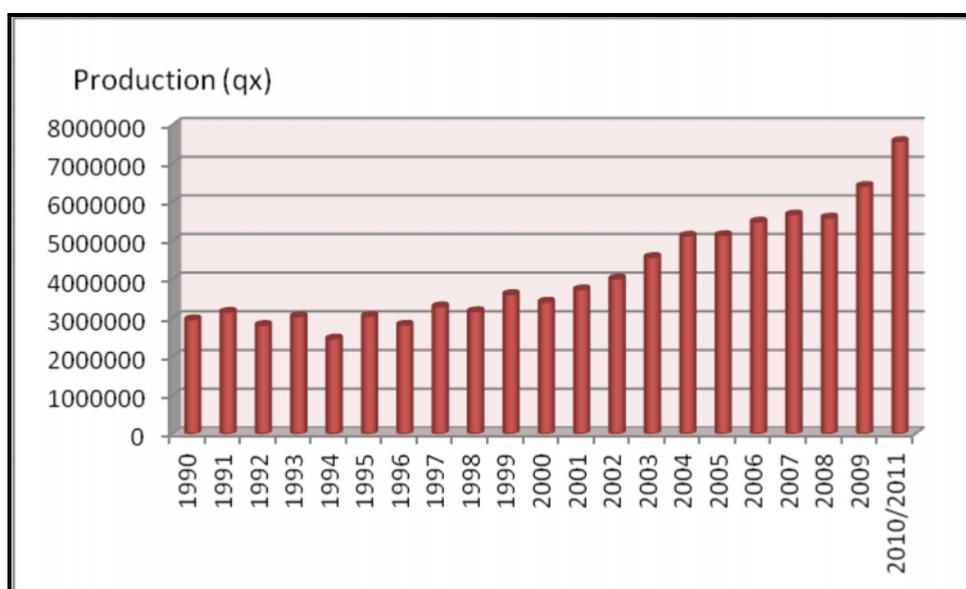


Figure 2.3 : Evolution de la production de la tomate en Algérie entre 1990-2011[64].

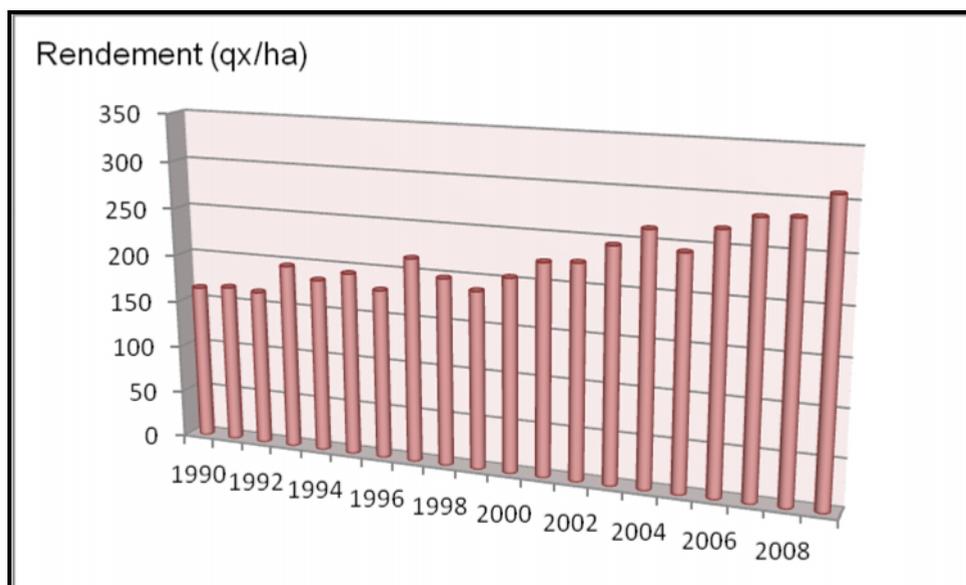


Figure 2.4 : Evolution du rendement de la tomate en Algérie entre 1990-2009 [64].

### 2.10. L'utilisation de la tomate

La tomate est cultivée essentiellement pour être consommée crue ou cuite, les tomates vertes sont comestibles une fois cuites. Le jus de tomate, extrait des feuilles et de la tige, est utilisé comme bio pesticide dans la lutte contre les attaques des chenilles et autres prédateurs, il a une action préventive.

La tomate est utilisée également en médecine traditionnelle. En effet, les feuilles en décoction sont recommandées pour leurs propriétés hypotensives. Coupé en deux, le fruit est efficace dans le traitement des furonculoses par application locale [66]. Le jus de fruit vert, obtenu après broyage, est utilisé comme boisson contre l'angine [67]. La tomate est préconisée contre la constipation, le catarrhe et le rhume [68].

## 2.11. Exigences de la culture

### 2.11.1. Exigences climatiques

#### 2.11.1.1. La température

La tomate est sensible au froid et exigeante en température ; elle craint le gel et les vents chauds. La température est déterminante dans la production de la tomate, elle réagit sensiblement aux variations thermiques. Les basses températures, inférieures à 10°C ralentissent la croissance et le développement des plantes. Elles provoquent un raccourcissement des entre-nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production. En revanche, les températures élevées favorisent la croissance de la plante au détriment de l'inflorescence qui risque d'avorter [69].

Les températures optimales de développement sont comprises entre 20 et 25°C en diurne, et entre 13 et 17°C, en nocturne. Les températures du sol varient entre 14 et 18°C, d'où l'intérêt des travaux d'études sur les variations de températures qui se reproduisent à des intervalles fixes (thermo périodisme) [70].

#### 2.11.1.2. La lumière

La lumière est un facteur fondamental qui intervient dans de nombreux phénomènes physiologiques notamment la photosynthèse. La réduction de la lumière baisse le pourcentage de germination du pollen [70].

#### 2.11.1.3. L'humidité

L'humidité optimale de l'air est de 50 % à 60 %. Au-delà de ce pourcentage, ce facteur a une influence négative, d'une part, il provoque le gonflement des étamines c'est-à-dire que le pollen ne peut pas sortir pour effectuer la pollinisation, et d'autre part, crée des conditions favorables pour l'apparition et la dissémination cryptogamique du mildiou et de l'alternariose [70].

## 2.11.2. Exigences édaphiques

### 2.11.2.1. Type de sol

La tomate n'a pas d'exigence particulière en matière de sol. Elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. La texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est recommandée [59].

### 2.11.2.2. pH du sol

L'espèce tomate est adaptée à de nombreux types de sol à pH et à textures différents. Les sols sablo-argileux, limono-sableux ou limoneux, à pH compris entre 6 et 7, sont les plus recommandés pour mieux exprimer le potentiel de la culture [71].

### 2.11.2.3. La salinité

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité [54]. La baisse de rendement est imperceptible pour une conductivité électrique (CE) de 2,50 mmhos/cm. La chute de rendement à 10% et à 100% correspond respectivement à une conductivité électrique (CE) égale à 9,3 mmhos/cm et à 12,5 mmhos/cm. Les phases de germination et de levée des jeunes plantules [72] sont les plus importantes en sensibilité au sel, dont l'excès de sel, peut s'accumuler au niveau des vieilles feuilles des plantes de tomate qui virent au jaune puis finissent par dépérir. La plante devient faible et manque de vivacité.

## 2.12. Valeur nutritive de la tomate

Lors de la maturation des fruits de tomate, il y a constatation des réactions suivantes :

- Dégradation de l'amidon, production de glucose et de fructose ;
- Perte de chlorophylle;
- Synthèse de pigments tels que  $\beta$ -carotène et lycopène;
- Accroissement des pectines solubles provenant de la dégradation des parois cellulaires ;

- Accroissement de l'acide citrique et malique ;
- Accroissement de l'acide glutamique ;
- Dégradation des alcaloïdes toxiques ( - tomatine).

L'évolution de la coloration du fruit de tomate est étroitement liée au stade de sa maturation, la figure 2.5 définit les classes de couleur du fruit qui traduisent ainsi son degré de maturation.

	Vert mûr: le fruit est physiologiquement prêt au mûrissement. La couleur verte tend vers le clair
	Pointé : début de changement de la coloration (10% ou moins devient jaune à rose).
	Tournant : entre 10 à 30% de la surface devient rose ou rouge
	Rose : cette coloration concerne 30% à 90% de la surface du fruit
	Rouge léger : Rouge-rose à rouge sur plus de 60% de la surface
	Rouge : Couleur rouge sur plus de 90% de la surface du fruit

Figure 2.5 : Degré de maturation des fruits de tomate [72]

### CHAPITRE 3

## PROTECTION PHYTOSANITAIRE DE LA TOMATE ET MISE EN ŒUVRE DES METHODES DE LUTTE

La tomate est une culture sujette aux attaques de ravageurs et aux maladies [73]. Les aleurodes, les pucerons, les mineuses, les acariens, les thrips, les noctuelles et les punaises constituent ses principaux ravageurs en serres [74]. Ces dernières années, plusieurs ravageurs introduits, comme la mineuse *Tuta absoluta* Povolny, ont provoqué des dégâts importants en serres de tomate. *Tuta absoluta* est un ravageur de quarantaine, introduit en 2008 en Algérie [14].

Cette espèce a envahi déjà de nombreux pays causant des pertes totales atteignant (100 %) d'infestation dans les serres. Les principales maladies des cultures de tomate sont les tâches noires, la pourriture grise, l'oïdium, la fusariose et certaines viroses dont le TYLC (*Tomato Yellow Leaf Curk virus*) transmises par des aleurodes [74]. Le nombre de ravageurs et de maladies associés à la tomate et le risque permanent de voir arriver de nouveaux ravageurs encourage les producteurs à avoir recours à des moyens de luttés de nature chimique ou biologique.

Les cultures en serres sont majoritairement conduites en PBI (Protection Biologique Intégrée) utilisant, en majorité, la méthode de lutte biologique [55] pour de multiples raisons. D'emblée, les résistances tenaces des bio-agresseurs aux produits phytosanitaires et leur rapidité de propagation dans les milieux confinés c'est à dire les serres ont conduit les producteurs à raisonner leurs applications en produits phytosanitaires [56]. Le confinement constitue une barrière pour les ennemis naturels se trouvant à l'extérieur. L'évolution des mentalités (sensibilisation aux problèmes de santé et aux pollutions de l'environnement) a conduit de nombreux pays à s'orienter vers une agriculture moins consommatrice de produits phytosanitaires [75]. A titre d'exemple, en Europe, le Sixth

Environmental Action Programme constitue un modèle de projet pilote. Il est à souligner également la demande d'agents en lutte biologique qui ne cesse d'augmenter depuis quelques années [69] au regard des nombreux plans de retrait ou de diminution de l'usage des substances actives. Aujourd'hui, Il est possible de cultiver, en toute saison, par la méthode de contrôle biologique sous serre en Europe [75].

Le développement d'une industrie performante de production des auxiliaires, a permis la mise sur le marché, de 150 espèces d'agents de lutte biologique [76]. Ils sont utilisés sur une superficie d'au moins 32 000 ha de cultures sous serres dans le monde [77]. Cette superficie ne cesse de croître, par exemple, elle est particulièrement visible dans la région d'Almeria, en Espagne, 2007 – 2008, où 75% des 8000 ha de poivrons sous serres, ont fait l'objet de la méthode de lutte biologique par le prédateur généraliste de la famille des *Phytoseiidae*, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) [78] commercialisé par Koppert BS.

Aujourd'hui, le moyen le plus efficace pour contrôler les maladies et les insectes en serres de tomate, demeure l'utilisation des pesticides. Cette technique est coûteuse et souvent dénoncée pour ses conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaine [75]. De plus, les molécules utilisées se révèlent, dans certains cas, peu efficaces parce que les prédateurs et les maladies développent rapidement des résistances [79]. Face à ces problèmes d'efficacité et de résistances, les utilisateurs s'orientent vers des mélanges de molécules [80]. Ce sont des solutions transitoires qui freinent le développement des résistances. Le retrait progressif réglementaire des substances actives associé à l'augmentation de la PBI (Protection Biologique Intégrée) conduit à conclure que la lutte chimique, demeure encore la solution pour le moyen terme.

### 3.1. Les maladies et les ravageurs de la tomate

#### 3.1.1. Les maladies

La tomate peut être atteinte par de nombreuses maladies lui causant des pertes énormes. Elles sont dues à des champignons, des bactéries et des virus [54].

##### 3.1.1.1. Les champignons

Les principales maladies cryptogamiques de la tomate sont le mildiou (*Phytophthora infestans*), l'alternariose (*Alternaria solani*), la moisissure grise (*Botrytis cinerea pers*), la cladosporiose (*Fulvia fulva*), l'oïdium (*Leveillula taurica*), La fusariose vasculaire (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*) et la verticilliose (*Verticillium dahliae*) [71].

##### 3.1.1.2. Les bactéries

Les bactéries qui se développent sur la tomate sont la moucheture (*Pseudomonas syringae pv.tomato* (Okabe) Alstatt), la gale bactérienne (*Xanthomonas campestris pv.vesicatoria (doidge) Dowson*), le chancre bactérien (*Clavibacter michigannensis subsp.michiganensis*) et la moëlle noire (*Pseudomonas corrugata*) [71].

##### 3.1.1.3. Les virus

Les viroses de la tomate sont dues aux:

- Virus de la mosaïque du tabac (TMV) transmis par la semence et par voie mécanique.
- Virus de la mosaïque du concombre (CMV) donnant des feuilles filiformes ou en fougères.
- Virus Y de la pomme de terre (PYV) donnant des nécroses sur feuilles avec dessèchement.
- *Tomato yellow leaf-curl virus* (TYLCV) provoquant des crispations et des jaunissements des feuilles (feuilles en cuillère).
- *Tomato spotted-wilt virus* (TSWV) maladie bronzée de la tomate ; l'aspect bronzé de

la plante demeurant naine et stérile ; elle est transmise respectivement par les pucerons, l'aleurode *Bemisia tabaci* et les thrips [75].

### 3.1.2. Les ravageurs

#### 3.1.2.1. Les acariens (*Tetranychus sp.*)

Les acariens sont des insectes qui ressemblent aux araignées, mesurant moins d'un millimètre avec des couleurs souvent jaune, rouge ou orange. Ils pondent leurs œufs sur le côté inférieur des feuilles. Les larves et les insectes adultes sucent la sève des plantes. Les feuilles et les tiges jaunissent et se dessèchent. Les acariens peuvent fabriquer des toiles en fils légers qui ressemblent aux toiles d'araignées. Les dommages qu'ils provoquent sont les plus importants durant la saison sèche [54].

#### 3.1.2.2. Les insectes

##### 3.1.2.2.1. La mouche blanche (*Bemisia tabaci*)

La mouche adulte est de couleur blanche. Elle mesure 1 à 2 mm de long. Comme la larve, elle se nourrit de la sève des feuilles. Au revers de la plante, on décèle souvent une nuée de mouches prêtes à s'envoler. Les mouches déposent leurs œufs sur le côté inférieur des feuilles. Les œufs éclosent au bout d'une (1) semaine. Après deux à quatre semaines, les larves forment des cocons dans lesquels elles restent près d'une semaine afin de se métamorphoser. Ces insectes créent surtout des problèmes durant la saison sèche. Ils disparaissent au début de la saison des pluies [54].

##### 3.1.2.2.2. Les pucerons (*Aphidae*)

Les pucerons sont des insectes mous, allongés et mesurant environ 2,5 mm de long. Il existe des ailés et des aptères dans chaque espèce. Les dommages directs sont causés par des colonies se manifestant en grand nombre sur la culture. Les pucerons préfèrent les feuilles et les tiges tendres, il est à signaler que les pucerons transmettent différents virus [54].

### 3.1.2.2.3. Les thrips (*Thripidae*)

Les thrips sont des insectes très petits, ailés et mesurant 0,5 à 2 mm de long. Ils déposent leurs œufs sur les feuilles, les larves apparaissent au bout de dix (10) jours. Les larves de thrips et les adultes sucent la sève des feuilles provoquant des taches argentées sur leurs surfaces. Les thrips adultes déposent également leurs excréments sur les feuilles ressemblant à de petits points noirs. Quelques espèces de thrips sont des vecteurs de la maladie bronzée de la tomate (TSWV). La phase de croissance en cocon s'accomplit dans le sol [54].

Le thrips des petits fruits, *Frankliniella occidentalis*, est un ravageur des cultures, originaire de l'ouest de l'Amérique du Nord [81]. Elle est maintenant établi dans l'est de l'Amérique du Nord et en Europe depuis le milieu des années 1980 [82;83;84]. Ce ravageur très polyphage des cultures maraîchères et florales sous abris est redoutable. Le thrips s'attaque aux feuilles, aux fleurs et aux fruits, entraînant ainsi des pertes économiques directes et indirectes [81]. Le thrips est aussi vecteur de maladies virales, et particulièrement du virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV) [85; 86].

### 3.1.2.2.4. Les noctuelles (*Lepidoptera*)

Les noctuelles sont des ravageurs habituels des cultures de tomate. Des œufs verts ou bruns sont déposés sur les jeunes feuilles, les fleurs et les fruits. Les larves qui sortent des œufs se nourrissent des feuilles, des fleurs, des fruits et même des racines. En se nourrissant, les chenilles grandissent tout en réalisant des phases de croissance larvaires. Elles s'enfoncent par la suite sous terre pour former des cocons. Après quelques semaines, les adultes ailés s'envolent et se dispersent [35].

### 3.1.2.2.5. Les mineuses

Les mouches mineuses *Agromyzides* sont représentées par près de 2 700 espèces dont 250 sont d'importance agronomique (Hend Gahbiche, 2003). Parmi ces dernières, il y a lieu de mentionner celles du genre *Liriomyza* qui sont

particulièrement nuisibles aux cultures légumières et ornementales, aussi bien en plein champ qu'en serre.

En région méditerranéenne, depuis 1977 et suite à l'introduction d'espèces américaines par l'importation de jeunes plants contaminés [87; 88], les dégâts causés par ces mouches sont devenus notoires. Plusieurs espèces de *Liriomyza* se rencontrent sur diverses plantes cultivées et spontanées, *L. bryoniae* et *L. trifolii* sont les deux principales espèces inféodées aux cultures légumières sous serre. Les attaques commencent sur les cultures d'arrière-saison pour se poursuivre sur celles de primeurs, avec une courte interruption en hiver.

L'adulte des *Liriomyza sp* est une petite mouche de 1,4 à 2,3 mm de longueur, de coloration jaune et noire. Après accouplement et ponte, les larves se développent en mineuses à l'intérieur du parenchyme foliaire, évoluant en trois stades avant de devenir une puppe mesurant de 1,6 à 1,9 mm de long [89].

Les dégâts des *Liriomyza sp* se traduisent, d'une part, par les mines foliaires apparaissant au fur et à mesure de la prise de matière chlorophyllienne par les larves [Johnson,1983] et, d'autre part, par les piqûres nutritionnelles des adultes, particulièrement préjudiciables aux plants de salade et aux jeunes plants de pépinière ; ces piqûres sont susceptibles d'être à l'origine de dégâts indirects à la suite de l'introduction de certains agents pathogènes [90].

## CHAPITRE 4

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 4.1. Présentation de la région d'étude

##### 4.1.1. Situation géographique

Notre étude a été réalisée dans la région de Staoueli située sur le littoral ouest de la wilaya d'Alger distante de 29 km de la capitale et s'étendant sur une superficie d'environ 31,46 km<sup>2</sup>. Géographiquement, la commune est insérée dans l'anticlinal du sahel d'Alger qui déploie au Nord et au Nord Ouest un relief étagé en escaliers dont la continuité s'étend vers la mer par une plaine côtière, par contre au Sud la topographie est mamelonnée. L'altitude du relief ne dépasse pas les 194 m, il est échancré par un réseau hydrographique exoréique dont l'écoulement se fait du Sud Est au Nord Ouest. La structure géologique des terrains est constituée par des marnes, argiles et des dunes consolidées plus ou moins lapidifiées. Staoueli est délimitée au Nord Ouest par la mer méditerranée, au Sud Ouest par la commune de Zéralda, au Sud et Sud Est par la commune de Souidania et par la commune de Chéraga au Nord Est [91].

##### 4.1.2. Caractéristiques climatiques

Le littoral est de climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigés [92].

###### 4.1.2.1. La température

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les valeurs thermiques sont représentées par les températures moyennes minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles  $[(M+m)/2]$  de la campagne agricole (2001-2011), prélevées auprès de la station météorologique de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I) et les moyennes de la campagne de 2012 sont indiquées dans les tableaux (4.1) et (4.2).

Les différentes valeurs enregistrées au cours de la période 2001-2011 (tableau 4.1) indiquent que les moyennes de températures les plus élevées ont été enregistrées aux mois de juillet et août, avec respectivement 26,87°C et 27,16°C, alors que le mois le plus froid est janvier, avec 12,91°C.

Tableau 4.1: Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli période 2001-2011.

<b>T °C \ Mois</b>	<b>SEP.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DEC.</b>	<b>JAN.</b>	<b>FEV.</b>	<b>MARS</b>	<b>AVR.</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>	<b>JUIL.</b>	<b>AOUT</b>
T. Max (°C)	27,90	25,58	20,22	17,04	15,97	16,45	20,02	18,42	23,80	28,56	31,33	31,46
T. Min (°C)	20,17	17,89	13,46	10,76	9,86	9,73	11,15	13,39	16,09	19,21	22,41	22,87
T. Moy (°C)	24,03	21,73	16,84	13,9	12,91	13,09	15,58	15,90	19,94	23,88	26,87	27,16

Les données enregistrées durant l'année 2012 (tableau 4.2) nous révèlent que la température la plus élevée a été observée au mois de juillet (28°C) et la température la plus basse a été enregistrée au mois de février (9,3°C).

Tableau 4.2 : Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli de la campagne 2011- 2012.

<b>T °C \ Mois</b>	<b>SEP.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DEC.</b>	<b>JAN.</b>	<b>FEV.</b>	<b>MARS</b>	<b>AVR.</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>	<b>JUIL.</b>	<b>AOUT</b>
T. Max (°C)	28,1	25,6	21,4	17,8	16,5	12,6	17,3	19,3	24,7	26,8	33,4	32,2
T. Min (°C)	20,4	17,5	14,1	11,2	9,5	6	11	12,8	15,8	19,7	22,6	23,2
T. Moy (°C)	24,25	21,5	17,7	14,5	13	9,3	14,1	16	20,2	23,25	28	27,7

Le tableau (4.3) concerne les valeurs thermiques prélevées sous serre durant la campagne 2012. Les données enregistrées sous serre durant notre expérimentation dans le tableau (4.3) nous révèlent que la température la plus élevée a été observée au mois d'avril (26,01°C) et la température la plus basse a été enregistrée au mois de décembre (14,5°C).

Tableau 4.3 : Les températures moyennes mensuelles de la région de Staouéli durant la campagne 2011- 2012 sous serre.

T °C \ Mois	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI
T. Max (°C)	17,8	29,29	26,34	30,45	39,46	34,56
T. Min (°C)	11,2	8,58	6,24	10,87	12,56	15,04
T. Moy (°C)	14,5	18,93	16,29	20,66	26,01	24,8

#### 4.1.2.2. La pluviométrie

La pluviométrie associée à la température contribue au développement des cultures, à l'apparition de certaines maladies cryptogamiques et à la pullulation de ravageurs [93].

La pluviométrie est un facteur climatique essentiel pour déterminer les mois secs et humides au cours de l'année. Les tableaux (4.4) et (4.5) indiquent les quantités de pluie enregistrées à chaque mois durant la période agricole allant de 2001 à 2011 et les moyennes mensuelles de la campagne 2012.

Les relevés pluviométriques de la période 2001-2011 montrent que le mois de novembre est le plus pluvieux avec 125,87 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec avec 2,55 mm (tableau 4.4).

Tableau 4.4: Les moyennes de pluviométrie mensuelle de la région de Staouéli, période 2001-2011.

Mois P mm	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
P moy (mm)	42,36	55,02	125,87	124,34	79,51	69,53	54,02	44,97	48,23	4,51	2,55	6,6

Les relevés pluviométriques de l'année 2012 montrent que le mois de février est le plus pluvieux (243,2 mm) alors que les mois de juillet et d'août sont les plus secs (0,7 et 0 mm) (Tableau 4.5).

Tableau 4.5: Pluviométrie mensuelle de la région de Staouéli de l'année 2012.

Mois P mm	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT
P moy (mm)	17,5	26,5	169,8	67,2	33,8	243,2	124	83,1	22,3	24,3	0,7	00

#### 4.1.2.3. Diagramme Ombrothermique de la région d'étude

La répartition de saison sèche et humide est déterminée par le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussien, effectué à l'aide de la relation  $P=2T$ . DAJOZ [93] considère que la sécheresse s'établit lorsque pour un mois donné le total des précipitations exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius ( $P < 2T$ ).

Pour la période 2001-2011, le diagramme établi fait ressortir une période humide et une période sèche. La période humide s'étale de septembre à mars. La période sèche s'étend de mars à août (Fig.4.1a).

Le diagramme de l'année 2012 (Fig.4.1b) fait ressortir deux périodes, l'une humide et l'autre sèche. La période humide s'étale d'octobre à Mai, tandis que la période sèche est de mai à août

#### 4.1.2.4. Climagramme d'Emberger de la région d'étude

Emberger in Mutin [94] a défini un quotient pluviométrique permettant de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen. Il est calculé selon la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 (P/ (M-m))$$

**P** : pluviométrie annuelle exprimée en mm.

**M** : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en °C.

**m** : moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en °C.

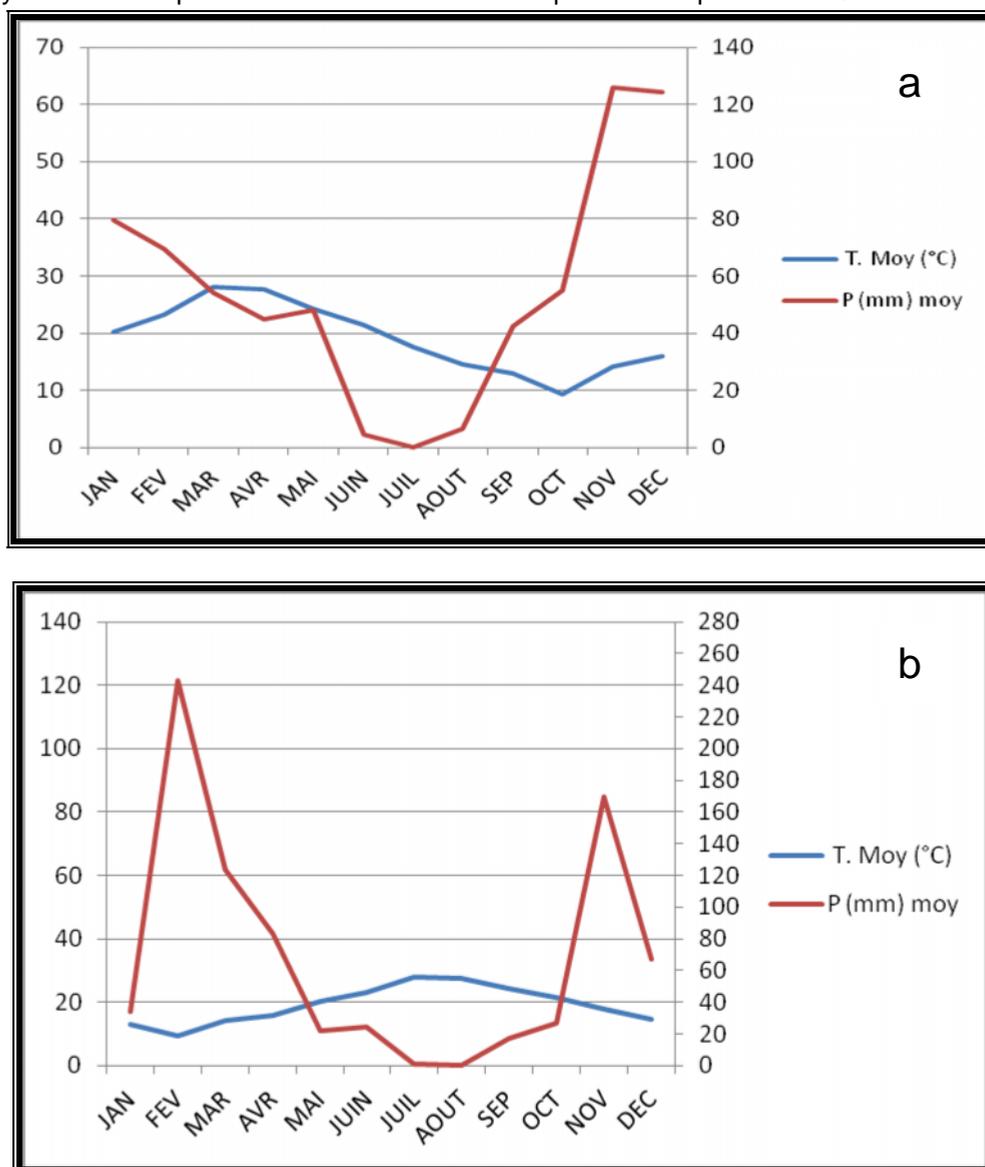


Figure 4.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Staouéli,

(a : période 2001-2011, b : année 2011- 2012)

En reportant la valeur  $Q_2$  (158,26) dans le climagramme d'Emberger (Fig.4.2), il en ressort que le littoral algérois se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud, pour la période 2001-2011.

En reportant la valeur  $Q_2$  (149,01) dans le climagramme d'Emberger (Fig.4.2), il en ressort que la région d'étude se situe à étage bioclimatique subhumide à hiver chaud, en 2012.

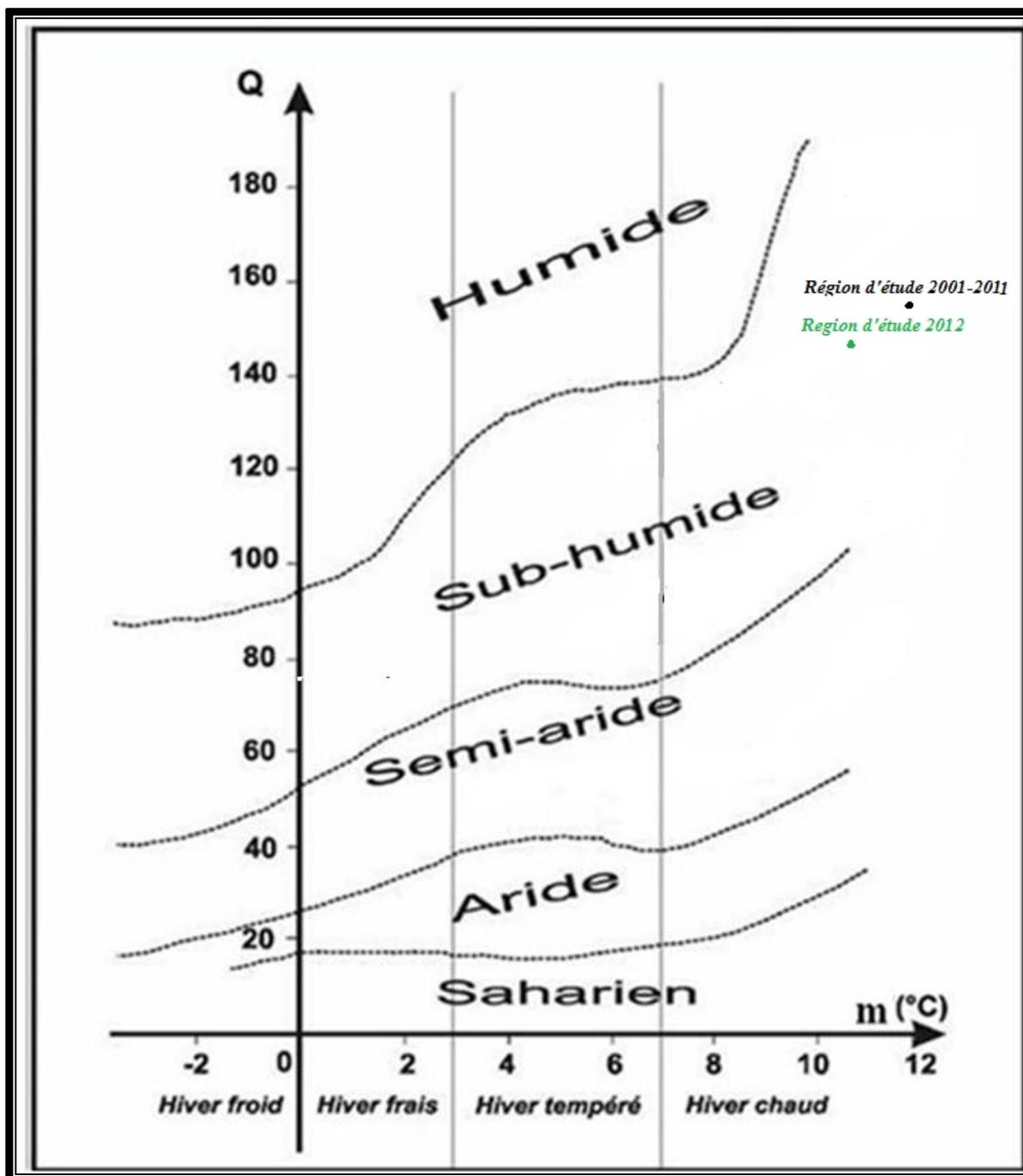


Figure 4.2. Etages bioclimatiques de la région d'étude durant la période 2001-2011 et l'année 2012 d'après le climagramme d'Emberger.

## 4.2. Présentation du site expérimental

Notre étude expérimentale s'est déroulée au niveau de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles ITCMI de Staouéli. Le site s'étale sur une superficie agricole de 17 hectares dont 14 hectares de surface agricole utile et 3 hectares occupés par les pistes et les voies d'accès. Cette surface agricole utile est utilisée comme suit: 3 hectares en cultures maraichères sous serre dont les principales espèces sont: la tomate, le haricot, le concombre, la courgette, le piment et le poivron, et 11 hectares de cultures en plein champ dont les principales cultures sont: la pomme de terre, la carotte, la fève et le chou-fleur. Le site est à 22 m d'altitude, de 35-45° latitude nord, la texture du sol est sablo-limoneux avec une richesse de 1,5% de matière organique.

Nos observations et prélèvements ont été effectués dans la serre n°17 de tomate et dont la majorité des serres sont destinées à la variété « Kartier » qui est un hybride local. L'hybride Kartier (CLX 37304), plante rustique et compacte, légèrement plus vigoureuse que la variété « Pietro », ouvre l'avantage d'une gamme de résistance plus large. Ses fruits sont plus grands et plus gros que ceux de la précédente. Enfin, la dernière variété de nom de code (CLX 37284) est un hybride plastique bien adaptée à l'arrière saison, appréciée tant pour la salade qu'en cuisine. La figure 4.3 montre la disposition de la serre maraichère dans la station.



Figure 4.3 : Présentation de la serre d'échantillonnage (Original)

Durant toute la période des observations, nous avons constaté des symptômes de mildiou et de pourriture grise ainsi que la moucheture bactérienne. En dehors des dégâts provoqués par la mineuse de la tomate, nous avons remarqué en l'occurrence d'autres espèces de ravageurs notamment les thrips et la mouche mineuse. Nous avons pris en charge l'entretien de la serre de tomate dès le mois de décembre jusqu'à la fin de notre échantillonnage. Les différents produits phytosanitaires et fertilisants apportés sont mentionnés dans l'appendice A.

Entre le 4 décembre 2011 et le 24 mai 2012, au total 39 applications comprenant les traitements phytosanitaires et les engrais en fertirrigation ont été apportées sur les plantes à différentes périodes du développement de la tomate. A travers les informations de l'appendice A relatives aux intrants chimiques, on peut noter le ratio des traitements chimiques par rapport aux fertilisants. Il s'avère que les apports ont été apposés avec une grande fréquence durant les mois de mars et avril, coïncidant avec le stade phénologique du début du grossissement du premier bouquet et plein floraison du quatrième bouquet (Fig 4.4).

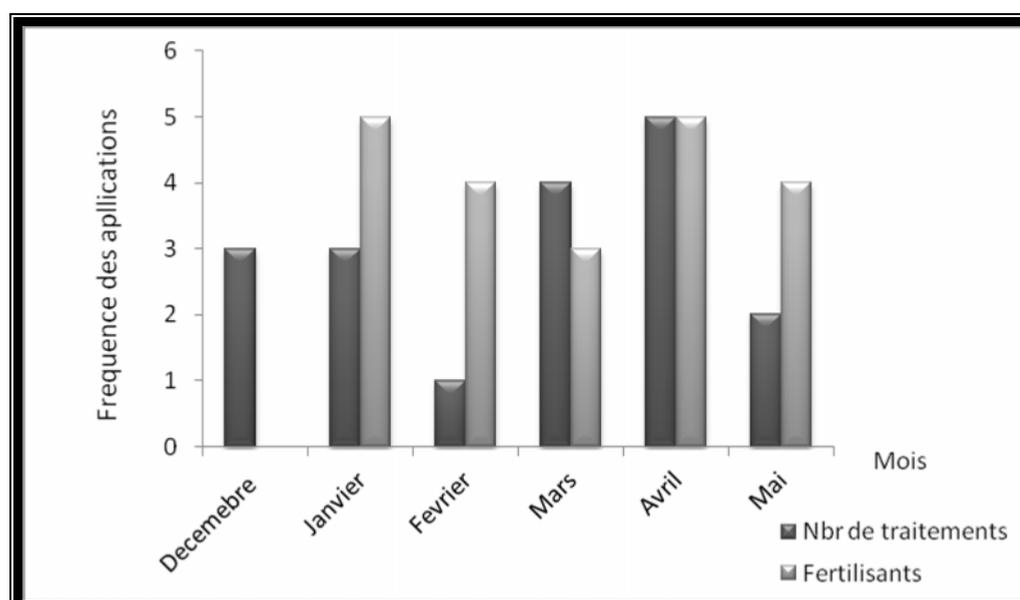


Figure 4.4 : Fréquence des intrants chimiques dans la serre de tomate en cours d'expérience.

### 4.3. Méthodologie de travail

#### 4.3.1. Sur le terrain

##### 4.3.1.1. Méthode d'échantillonnage des feuilles

Depuis le mois de décembre 2011 jusqu'à la fin du mois de mai 2012, nous avons réalisé des prélèvements hebdomadaires de feuilles de tomate selon la méthode d'échantillonnage aléatoire proposée par Allache et *al.*, [95]. Elle consiste à prendre sur chacune des deux diagonales 15 plantes. Le nombre total de plantes échantillonnées est de 30. Une feuille est prélevée sur chacune des plantes de trois étages foliaires, afin d'estimer l'abondance des œufs et des stades larvaires des différents déprédateurs.

Les étages foliaires sont définis en fonction des bouquets floraux en trois niveaux : étage basal : niveau 01, étage médian : niveau 02, étage apical : niveau 03.

Le matériel végétal recueilli est mis dans des sachets en papier étiquetés (date, variété, et niveau d'étage) et qui sera ultérieurement examiné au laboratoire.

##### 4.3.1.2. Evaluation des niveaux de risque d'infestation par piégeage des mâles par phéromone sexuelle

Le dénombrement des mâles par l'utilisation des pièges à phéromone dans le cadre de monitoring hebdomadaire a été effectué du 15/01/2012 au 24/05/2012. L'objectif de ce dispositif de piégeage (Fig.4.5) est de détecter la présence du ravageur et d'évaluer le risque potentiel d'infestation pour l'hybride Katier. Le nombre de pièges à installer est de 1 piège dans la serre. Le prélèvement des mâles capturés est effectué une fois par semaine, afin de suivre l'évolution des populations de *Tuta absoluta*.



Fig.4.5: Piège à eau (Original).

Les individus capturés sont comptabilisés et retirés pour éviter d'être recomptés au prochain relevé. Les capsules de phéromones sont remplacées au bout de 5 à 6 semaines.

#### 4.3.1.3. Dénombrement des stades biologiques des déprédateurs au laboratoire

Les feuilles de chaque prélèvement des différents niveaux foliaires de la plante considérée sont conservées au réfrigérateur, afin de stopper le développement des différents stades des ravageurs de la mineuse de la tomate, la mouche mineuse et les thrips. Ces derniers sont dénombrés sur la totalité de la surface des feuilles sous la loupe binoculaire puis classés selon leurs stades d'évolution larvaire.

#### 4.4. Exploitation des résultats

##### 4.4.1. Niveaux de risque d'infestation par piégeage des mâles par phéromone sexuelle

Le risque potentiel d'infestation est mis en évidence d'après les données des travaux de Monserrat [96] (Tableau 4.6).

Tableau 4.6. Indice du risque en fonction des captures des adultes par semaine par les pièges à phéromone [96].

Nombre de captures	Indication du risque
0	Pas de risque
1-3	Risque très faible
4-30	Risque moyen
31-100	Risque élevé
>100	Risque extrême

#### 4.4.2 .Niveaux d'infestation sur plante

Les niveaux d'infestation larvaire sont calculés d'après la méthode proposée par Monserrat [96] reportée dans le tableau 4.7.

Tableau 4.7. Indice du risque en fonction de la présence des larves vivantes dans la culture [96].

Niveau	Signification : % des plantes infestées
0	Pas de dégâts détectés avec les larves actives.
1	Niveau anecdotique (inférieur à 5% des plantes).
2	Niveau très faible, (5 à 20% des plantes).
3	Niveau moyen : entre 25 à 50% des plantes présentent une larve vivante.
4	Niveau élevé : plus de 50% des plantes présentent une larve vivante.
5	Niveau très élevé : plus de 50% des plantes présentent plusieurs larves vivantes par plant.

#### 4.5. Exploitation statistique

##### 4.5.1. Analyse de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Notre but est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions. Pour cela, il est préconisé de réaliser une analyse de la variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

#### 4.5.2. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37) [97].

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.) [98]. Dans cette analyse, les espèces sont groupées selon leur apparition chronologique. A partir des trois premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique des espèces est réalisée dans le but de détecter des discontinuités temporelles. La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne ainsi que la méthode de « Ward », basées sur les mesures de similarité entre variables a été prise en compte.

#### 4.5.3. Test Crosscorrelation(PAST vers. 1.37) [97].

Toutes les expériences ont été effectuées en triple. Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes d'abondance hebdomadaire de chaque forme biologique des différents ravageurs ont été comparées temporellement en utilisant le test de Crosscorrelation. La détermination du Lag et des intercorrélations a permis de définir l'ordre d'arrivée des bioagresseurs.

#### 4.5.4. Régression multiple (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).

Des analyses de régression multiple ont été effectuées en utilisant la version SYSTAT 12 afin d'indiquer les abondances des bioagresseurs en combinaisons linéaires avec les variables quantitatives du milieu (températures et photopériodes).

## CHAPITRE 5

### RÉSULTATS

#### 5.1. Répartition des niches écologiques des principaux ravageurs de la tomate

La tomate est une culture particulièrement sujette aux attaques de ravageurs et de maladies. Les aleurodes, pucerons, punaises, thrips, mineuses, noctuelles et acariens constituent ses principaux ravageurs en serre. Le nombre important de ravageurs associés à la tomate, ainsi que le risque constant de voir apparaître de nouveaux ravageurs, conduit à un intérêt certain de la part des producteurs pour le développement des moyens de lutte, qu'ils soient de nature chimique ou biologique. La présente étude vise à appréhender la capacité de chevauchement ou de distinction des fenêtres de subtilité des principaux taxons recensés sous abri-serre. Mettre au point l'incidence et la capacité d'installation primaire de chaque ravageur recensé durant notre expérimentation.

#### 5.1.1. Occurrence des principaux ravageurs de la tomate

Durant nos investigations nous nous sommes intéressés principalement aux populations de la mouche mineuse, de la mineuse de la tomate et de thrips. Cette tendance discriminatoire est basée plutôt sur leur suprématie numérique par comparaison aux autres taxons (Fig.5.1).

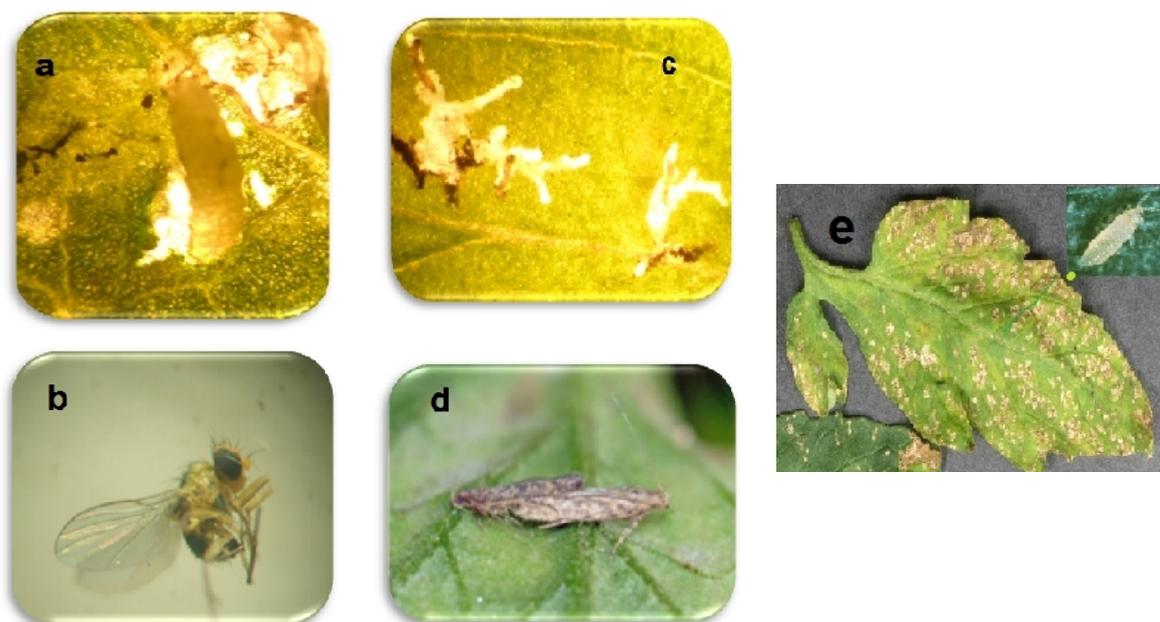


Figure 5.1: Les principaux ravageurs de la tomate.

- (a) : Larve stade 1 de la mouche mineuse GX30, (b): Adulte mouche mineuse GX 30,  
 (c) :Larves de stade 2 de mineuse de la tomate GX10 ,(d) : Adulte mineuse de la tomate GX30,  
 (e) : Larve de stade 2 de thrips GX30.

La figure 5.2 ci-dessous présente les résultats du taux d'infestation de chaque ravageur. Elle montre que les taux d'infestations larvaires de *Tuta absoluta* sur la variété Kartier varient entre les niveaux 2 et 3. Le risque d'infestation larvaire est enregistré pendant toutes les phases phénologiques de la culture du 09/01/2012 au 17/04/2012, avec des pourcentages d'infestation compris entre 6,28% et 36,36%. Vers la fin du cycle phénologique de la culture, le niveau d'infestation enregistre le niveau 5 avec un taux d'infestation de 72,28 % (Appendice B).

En ce qui concerne les taux d'infestations de la mouche mineuse *Liriomyza sp.*, les fluctuations numériques ont enregistré des taux d'infestation durant les 3 premiers mois de notre échantillonnage. Durant les deux premières semaines du mois de janvier, les infestations varient de 8,12% à 8,52%, vers la troisième semaine, le taux d'infestation culmine pour atteindre 9,09%. Après cette période, les taux régressent pour osciller entre 1,31% et 1,41% durant le mois de février. Pour ce qui est du mois de mars, nous avons noté un taux d'infestation très faible, le 14/03/2012 avec un pourcentage de 0,58% et le 22/03/2012 avec un pourcentage de 0,34 %.

Enfin, les taux d'infestations larvaires des thrips *Frankliniella occidentalis*, ont montré un taux d'infestation ponctuel durant le mois de janvier. Le taux faible enregistré durant le début du mois de 9,66 % connaît une régression vers la fin du même mois pour atteindre 2.56%.

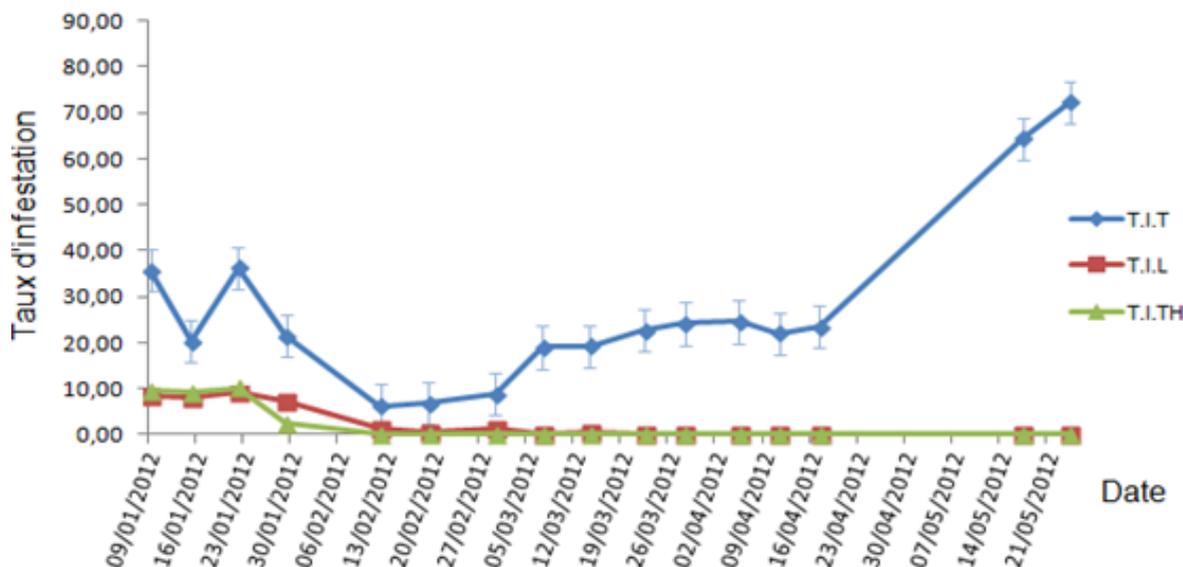


Figure 5.2 : Taux d'infestations larvaires par ravageur sur la variété Kartier

T.I.T : Taux d'infestation de *T. absoluta*, T.I.L : Taux d'infestation *Liriomyza sp*,

T.I.TH : Taux d'infestation de Thrips *F. occidentalis*

### 5.1.2. Evaluation des taux d'infestation des ravageurs de la tomate et estimation de l'importance d'installation primaire

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) effectuée avec PAST vers. 1.37 est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes avec un pourcentage de contribution de 64,79% pour l'axe 1 et de 33,29% pour l'axe 2 (Fig.5.3).

La Classification Hiérarchique Ascendante (C.H.A.) (Appendice C) obtenue par la méthode de Ward's a permis de structurer les taux d'infestations en 2 groupes sur la base d'une similitude de - 4 entre les coordonnées des différentes variables.

L'axe 1 (64,79%) montre que le taux d'infestation de *Tuta absoluta* est corrélé avec les dernières sorties de notre expérimentation. Cette aptitude, exprime une capacité colonisatrice tardive qui apparaît dès la troisième semaine

du mois de février. En revanche, les projections sur l'axe 2 (33,29%) stipulent une installation précoce des populations de la mouche mineuse et des thrips d'où la corrélation positive des taux d'infestations avec les premières semaines des investigations (Fig.5.3).

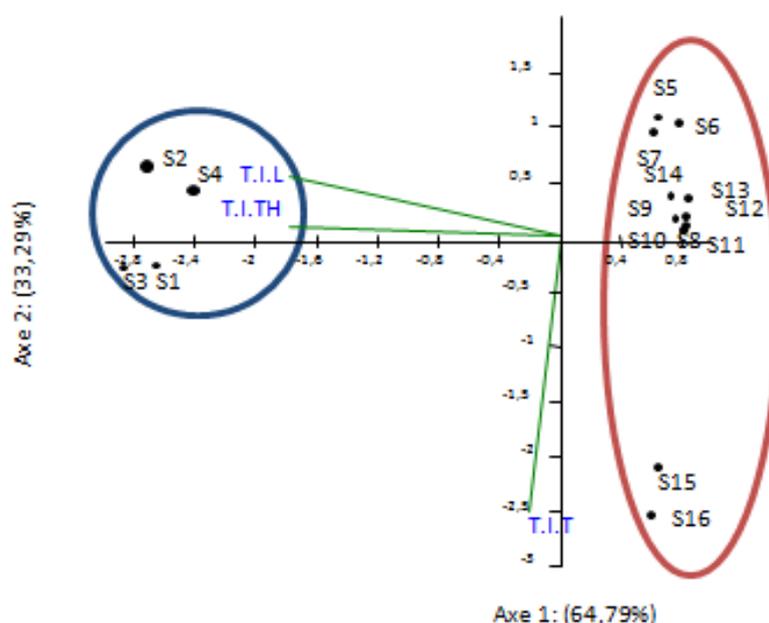


Figure 5.3 : Evaluation des taux d'infestations des ravageurs de la tomate et estimation de l'importance d'installation primaire

### 5.1.3. Étude comparée de l'abondance de la variation du taux d'infestation de *Tuta absoluta* selon les espèces et la période d'infestation

Nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA de manière à étudier la variation du taux d'infestation selon l'interaction du facteur période et du facteur espèce. Les résultats d'analyses touchant l'effet strict des facteurs sur les taux d'infestations montrent la présence de différences hautement significatives selon la période (F-ratio= 82,239,  $p=0,000$ ,  $p<0,01\%$ ) et l'espèce (F-ratio=1903,430,  $p=0,000$ ,  $p<0,01$ ) (Tableau 5.1).

L'interaction entre la période et les espèces montre que le taux d'infestation est statistiquement significatif (F-ratio =69,950,  $p=0,000$ ,  $p<0,01$ ) (Tableau 5.1).

Tableau 5.1 : Résultats du test ANOVA du taux d'infestations selon les espèces et les périodes.

Source	Somme des carrés	D.D.L	Moyenne des carrés	F-ratio	P
Périodes	6068,686	15	404,579	82,239	0,000***
Espèces	18728,046	2	9364,023	1903,430	0,000***
Périodes×Espèces	10323,651	30	344,122	69,950	0,000***
Var.intra	472,277	96	4,920	-	-

\* :  $p < 5\%$ , \*\* :  $p < 1\%$ , \*\*\* :  $p < 0,1\%$

Les résultats de la figure 5.4 représentent les fluctuations des taux d'infestations des principaux ravageurs selon la période.

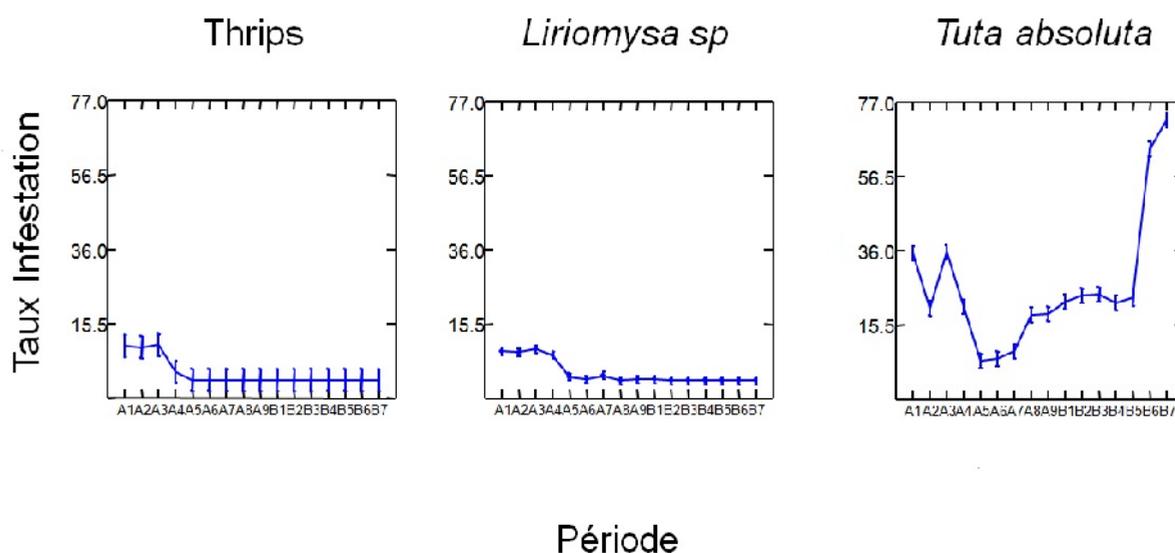


Figure 5.4: Fluctuations des taux d'infestations des principaux ravageurs selon la période

Une différence en matière des taux d'infestations est signalée entre les populations larvaires *Frankliniella occidentalis*, de *Liriomyza sp* et *Tuta absoluta*, avec une attention particulière pour la capacité prolifératrice de *Tuta absoluta* qui enregistre les plus hauts niveaux d'infestation.

#### 5.1.4. Estimation de l'ordre d'arrivée des principaux ravageurs de la tomate

La succession écologique des groupes de phytophages a été étudiée en calculant le barycentre ou l'abondance maximale de chaque groupe fonctionnel. Le temps d'apparition (ou « Lag ») qui sépare par succession un groupe

fonctionnel d'un autre a été estimé par le test de crosscorrelation (Past vers. 1.37) (Tableau 5.2).

Tableau 5.2 : Ordre d'arrivée des principaux ravageurs dans la serre de tomate.

Espèces	Barycentre (Pic d'abondance maximale)	Test crosscorrelation	
		Lag.	p
<i>F. occidentalis</i>	1	2,8	$2,64 \times 10^{-40***}$
<i>Tuta absoluta</i>	3,8		
<i>Liriomyza sp.</i>	1,1	2,7	$2,64 \times 10^{-40***}$
<i>Tuta absoluta</i>	3,8		
<i>Liriomyza sp.</i>	1,1	0,1	$3,09 \times 10^{-12***}$
<i>F. occidentalis</i>	1		

Le test de crosscorrelation confirme l'existence d'un décalage temporel établi entre les différentes espèces étudiées. A priori, *Liriomyza sp.* et *F. occidentalis* ne présentent pas un décalage temporel dans leur apparition et installation. En revanche, *Tuta absoluta* s'installe après deux mois et demi de la période d'installation de *Liriomyza sp.* et de *F. occidentalis*. En suivant l'ordre d'apparition de chaque espèce phytophage, on constate que ce sont les thrips qui s'installent les premiers, suivis par la mouche mineuse, puis par la mineuse de la tomate. Si on examine le décalage temporel entre les espèces deux à deux en calculant les différences de leurs barycentres respectifs entre les thrips et la mineuse de la tomate, le Lag tend vers 2,8 ce qui signifie que les thrips et *T. absoluta* se succèdent avec un décalage de 2 mois et quelques semaines. Les thrips apparaissent ainsi les premiers par rapport à la mineuse de la tomate avec une probabilité associée très significative ( $p = 2,64 \times 10^{-40}$ ,  $p < 0,01\%$ ).

L'apparition de la mouche mineuse est signalée avec un décalage temporel de plus d'une semaine avec celle des thrips, le Lag tend vers 0 ce qui signifie que les deux espèces se succèdent simultanément avec un temps très rapproché. Les thrips apparaissent ainsi les premiers par rapport à la mouche mineuse, la probabilité associée étant significative ( $p = 3,09 \times 10^{-12}$ ,  $p < 0,1\%$ ).

L'apparition de la mineuse de la tomate se fait avec un décalage temporel de 2 mois et quelques semaines après celle de la mouche mineuse ( $p = 2,64 \times 10^{-40}$ ,  $p < 0,1\%$ ), ce qui signifie que l'installation de la culture coïncide avec l'apparition des thrips juste après il y a l'arrivée de la mouche mineuse avec un décalage de temps très rapproché, et en dernier lieu les deux espèces laissent place à la mineuse de la tomate.

## 5.2. Estimation de l'agressivité des principaux ravageurs de la tomate

### 5.2.1. Fluctuation temporelle de la dynamique des formes biologiques larvaires

La fluctuation temporelle de l'abondance moyenne des larves «AML» de *T. absoluta* (Fig. 5.5a) sur la variété Kartier présente une similitude avec les fluctuations temporelles des deux premiers stades larvaires ce qui présente une succession de générations. Il ressort à travers la figure, l'installation de 4 pics importants, celui du 12/03/2012, 26/03/2012, et 16/04/2012 et le dernier pic des abondances larvaires le 21/05/2012. Le chevauchement des pics des abondances des larves prévoit la présence de 4 générations au cours de la période du début mars à la fin mai. Pour ce qui est du troisième stade larvaire, les fluctuations sont plus importantes vers la fin de la culture.

La fluctuation temporelle de l'abondance moyenne des larves «AML» de *Liriomyza sp* (Fig. 5.5b) sur la variété Kartier présente deux pics de fluctuations. Le premier enregistré vers le 23/01/2012 et une reprise d'abondance larvaire le 12/03/2012. Au delà de cette période, aucune abondance des formes larvaires de la mouche mineuse pendant les autres dates d'échantillonnage n'est observée.

La fluctuation temporelle de l'abondance moyenne des larves «AML» des thrips (Fig. 5.5c) sur la variété Kartier présente un pic important le 16/01/2012, par rapport aux autres périodes d'investigations.

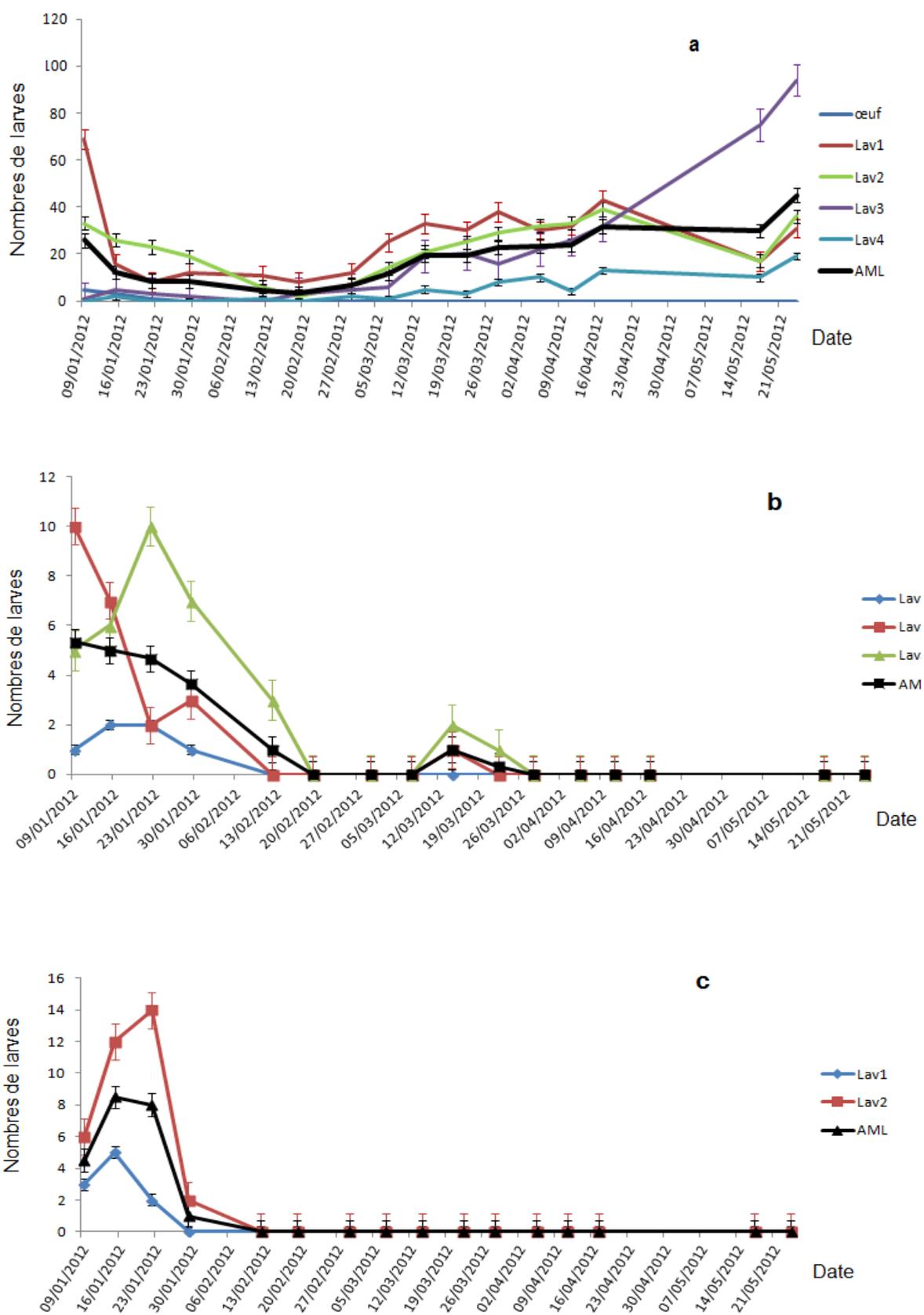


Figure 5.5 : Fluctuation temporelle de la dynamique des formes biologiques larvaires des principaux ravageurs.

### 5.2.2. Évaluation de la dynamique des formes larvaires chez les principaux ravageurs de la tomate

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes avec un pourcentage de contribution de 64,79% pour l'axe 1 et de 33,29% pour l'axe 2 (Fig.5.6a). La CHA (Appendice D) obtenue par la méthode de Ward's a permis de structurer les formes larvaires de *Tuta absoluta* en 3 groupes sur la base d'une similitude de (- 6) entre les coordonnées des différentes variables.

L'axe 1(49,97%) montre que l'abondance des premières stades larvaires de *Tuta absoluta* est corrélé avec les premières sorties dès le début janvier jusqu'à la fin mars de notre expérimentation ce qui signifie qu'elle a tendance à mieux s'installer à partir de la cinquième sortie contrairement à l'axe 2 (33,29%) où le taux d'infestations de la mouche mineuse et thrips sont corrélés positivement avec les premières sorties. Contrairement, l'axe 2 (35,49%) montre une corrélation entre les dernières formes des stades larvaires de *Tuta absoluta* et les derrières sorties du début avril jusqu'à la fin mai.

L'analyse multivariée (A.C.P.) appliquée sur les taux d'infestations des différentes formes biologiques de la mouche mineuse (Fig. 5.6b) et par le biais de la classification hiérarchique ascendante (Appendice E) montre la présence de trois groupes de statuts quantitatifs différents.

La projection des groupes sur les axes met en évidence une corrélation entre les stades larvaires 1 et 3 avec la dernière semaine du mois du janvier. Il apparait que les deux premières sorties sont corrélées avec le deuxième stade larvaire de la mouche mineuse.

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.), effectuée sur les différentes formes biologiques des thrips (Fig.5.6c) et la classification hiérarchique ascendante (Appendice F), montrent la présence de deux groupes de statuts quantitatifs différents.

La projection des groupes sur les axes met en évidence une corrélation entre les premiers stades larvaires et les trois premières semaines du mois de janvier d'échantillonnage.



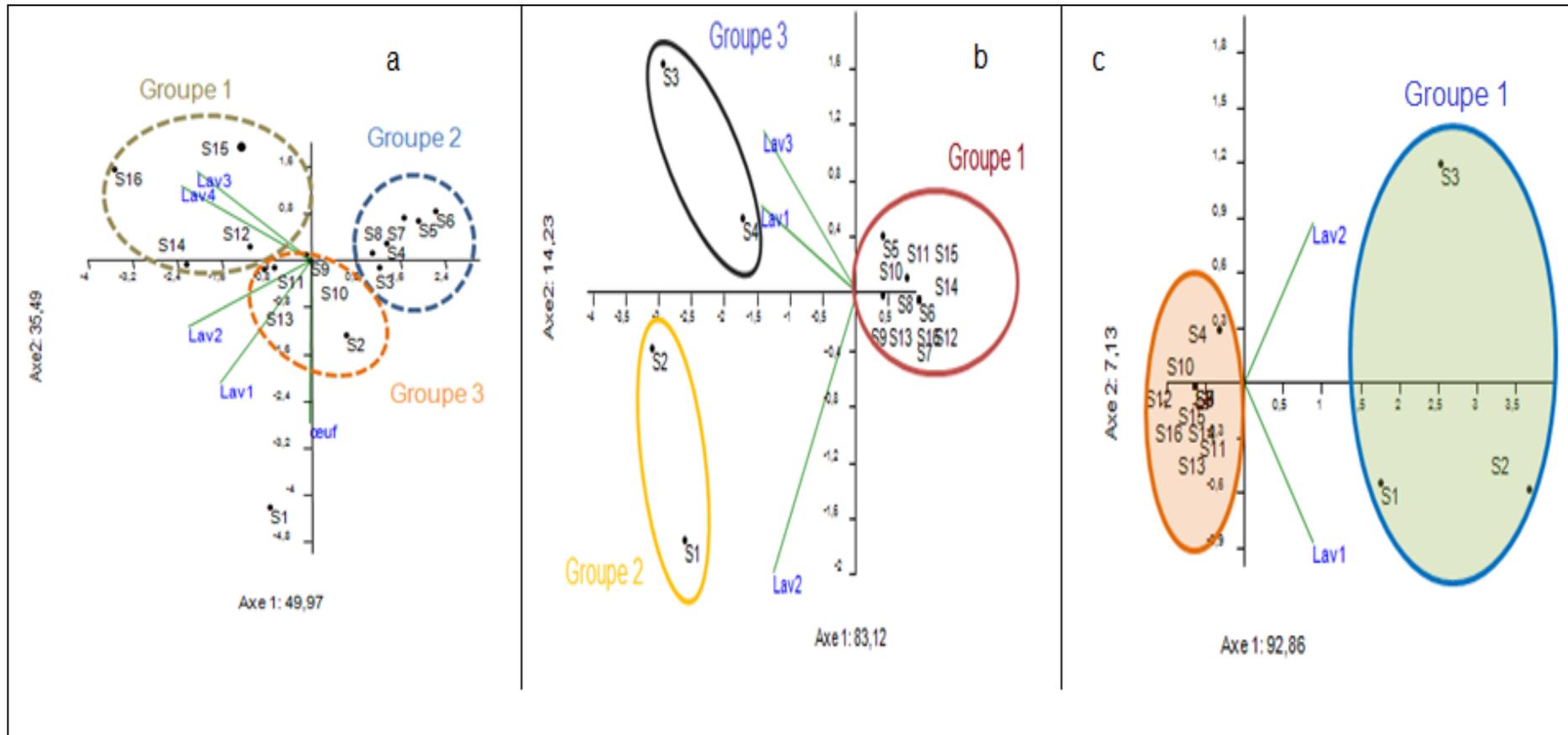


Figure 5.6: Evaluation de la dynamique des formes larvaires chez les principaux ravageurs de la tomate

### 5.2.3. Étude comparée de la dynamique des formes larvaires des principaux ravageurs de la tomate

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier la dynamique des populations des principaux ravageurs, selon la période et les formes larvaires.

Les résultats d'analyses de la dynamique de *Tuta absoluta* touchant le nombre des larves selon la période (F-ratio= 2,590, p=0,007, p <0,1%), les formes larvaires (F-ratio=6,807p=0.001, p <0,1%), présentent des différences hautement significatives, (Tableau 5.3).

Les résultats d'analyses de la dynamique de la mouche mineuse touchant le nombre des larves selon la période (F-ratio= 3.801, p=0.001, p<0,5%), les formes larvaires (F-ratio=3,739p=0,035, p<0,1%), présentent des différences significatives (Tableau 5.3).

Les résultats d'analyses touchant le nombre des larves de thrips selon la période (F-ratio= 2,994, p=0,021, P<0,5 présentent des différences significatives, (Tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Résultats du test GLM de la fluctuation des populations des principaux ravageurs de la tomate selon la période et les formes larvaires

Espèces	Facteurs	Somme des carrés	D.D.L	Moyenne des carrés	F-ratio	P
<i>Tuta absoluta</i>	Période	7981,00	15	532,06	2,59	0,007***
	Formes larvaires	4195,62	3	1398,54	6,80	0,001***
	Var. Intra	9245,37	45	205,45	-	-
<i>Liriomyza sp</i>	Période	189,646	15	12,64	3,80	0,001***
	Formes larvaires	24.875	2	12,43	3,73	0,035**
	Var. Intra	99,79	30	3,32	-	-
<i>F. occidentalis</i>	Période	254,50	15	16,96	2,99	0,021*
	Formes larvaires	18,00	1	18,00	3,17	0,095 <sup>NS</sup>
	Var. Intra	85,00	15	5,66	-	-

\* : p<à 5 %, \*\* :p<1%, \*\*\* :p<0,1%

Les résultats de la figure 5.7 représentent les fluctuations de l'abondance des différents stades larvaires de *Tuta absoluta*, de la mouche mineuse et des Thrips selon la période d'échantillonnage.

Chez *Tuta absoluta* la fluctuation des abondances culmine durant la période s'étalant du 17/04/2012 au 24/05/2012. Il en ressort que le nombre des stades jeunes sont plus importants que les stades les plus évolués.

Concernant la mouche mineuse *Liriomyza sp.*, les abondances montrent la disponibilité d'un nombre plus élevé de larves durant le mois de janvier par rapport aux autres mois d'échantillonnage. Il en ressort que le nombre du troisième stade larvaire est plus important que les autres stades larvaires.

Les résultats relatifs aux fluctuations des stades larvaires de *F. occidentalis* montrent l'installation d'un nombre plus élevé de larves durant le mois de janvier par rapport au autres mois d'échantillonnage. Il en ressort que le nombre du deuxième stade larvaire est plus importants que le premier stade larvaire.

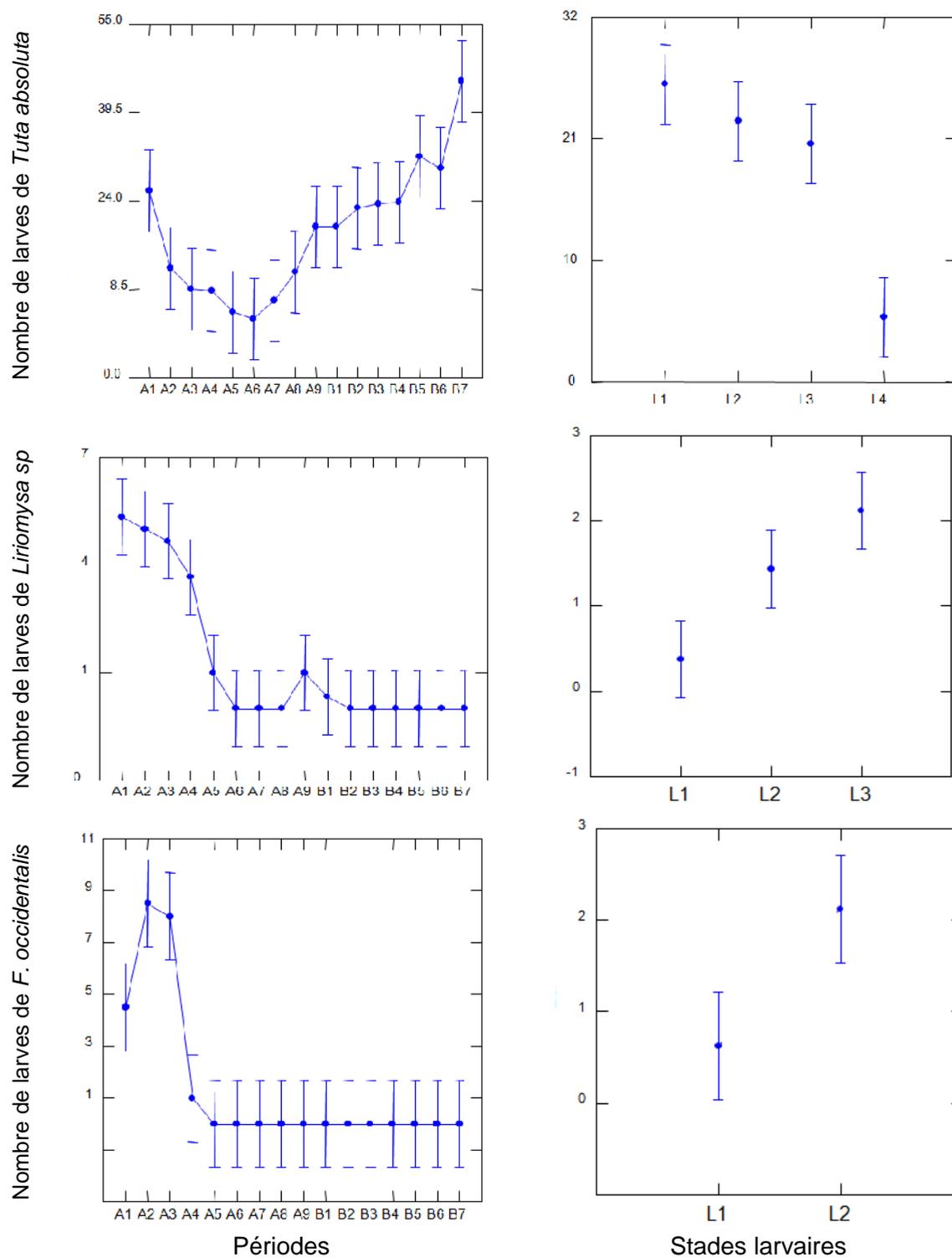


Figure 5.7 : Fluctuations de l'abondance larvaire des principaux ravageurs selon les périodes et les stades larvaires

### 5.3. Étude bio-écologique de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

#### 5.3.1. Estimation des risques dûe aux vols des adultes

Les résultats de la figure 5.8 affichent le risque potentiel d'infestation des adultes de *T. absoluta* sous serre. La méthode préconisée par Monserrat en 2009 a été adoptée pour mettre en évidence les périodes à risque (Appendice G).

Les résultats montrent que les risques extrêmes d'attaque de la variété Kartier se situent vers la fin du mois de mars et s'étalent jusqu'à la fin du cycle de la culture. Mis à part ce laps de temps, les risques d'attaques sont qualifiés de moyens à élevés.

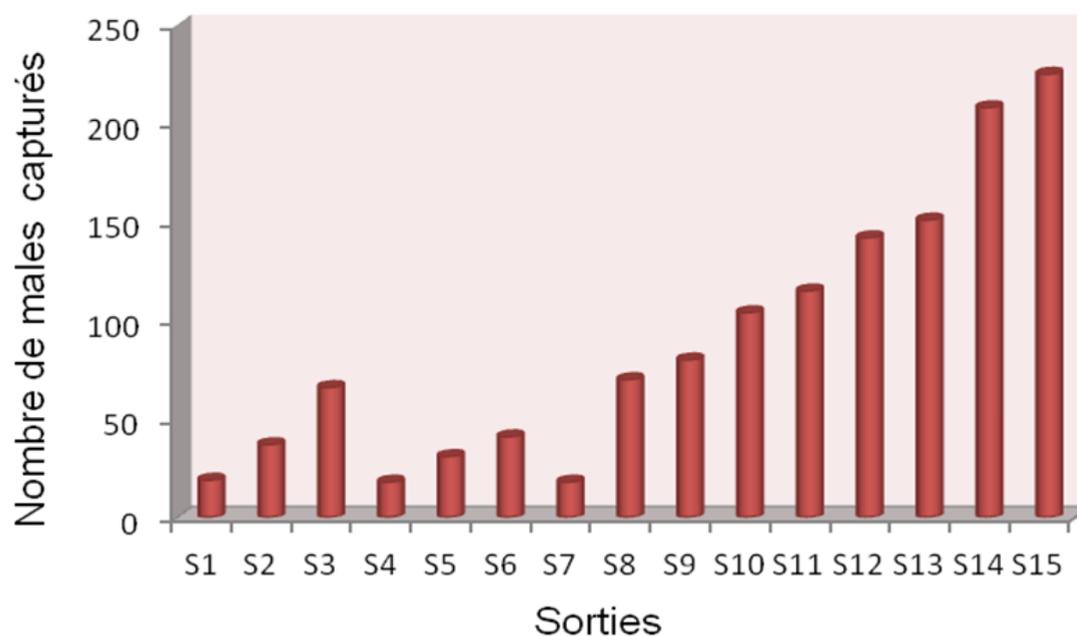


Figure 5.8: Niveau de risque d'infestation par les adultes de *Tuta absoluta* sur la variété Kartier sous abri-serre

#### 5.3.2. Taux d'infestation de *Tuta absoluta* selon les étages foliaires

Les fluctuations du taux d'infestation des populations de *T. absoluta* sur la variété Kartier présentent une similitude au niveau des trois étages foliaires durant toute la période d'étude. Il est à signaler que l'agrégation est plus prononcée sur

l'étage foliaire basal (E1), suivie de celle des étages foliaires moyen et apical (E2, E3) ou l'agrégation est la moins énoncée.

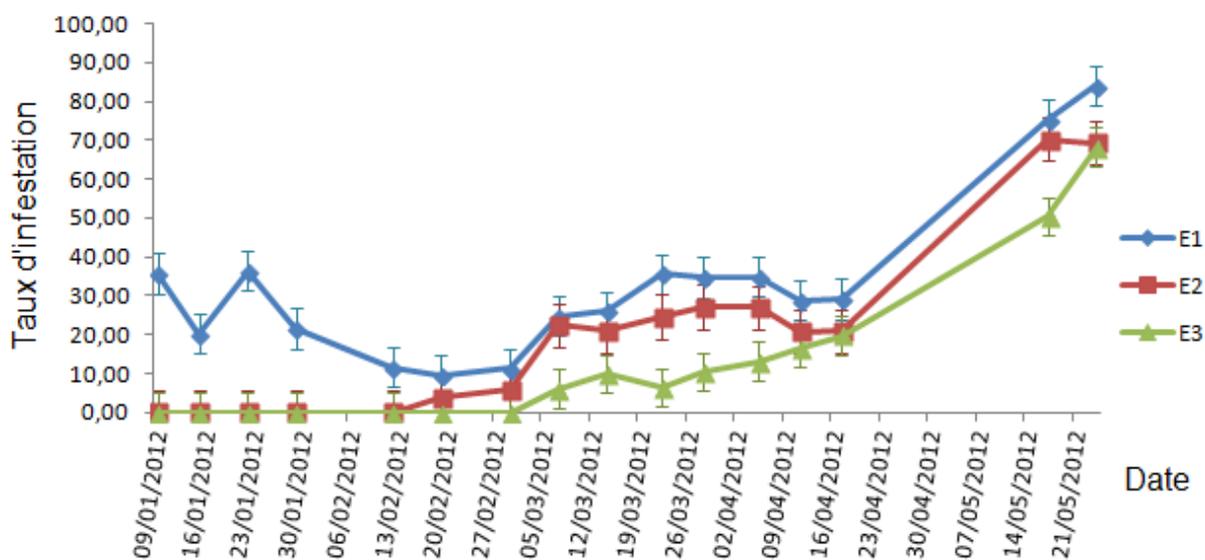


Figure 5.9 : Taux d'infestation larvaire de *Tuta absoluta* selon les étages foliaires sur la variété Kartier

### 5.3.3. Évaluation du taux d'infestation de *Tuta absoluta* selon les étages foliaires

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes avec un pourcentage de contribution de 94,18% pour l'axe 1 et de 4,04% pour l'axe 2 (Fig.5.10). La CHA (Appendice H) obtenue par la méthode de Ward's a permis de structurer le taux d'infestation de *Tuta absoluta* selon les étages foliaires en 2 groupes sur la base d'une similitude de (- 64) entre les coordonnées des différentes variables.

La projection des groupes sur les axes met en évidence une corrélation des trois étages foliaires avec les périodes de notre échantillonnage, du début janvier jusqu'à la mi-avril, contrairement au groupe 1 qui représente les deux dernières sorties et qui ne présentent aucune corrélation avec les trois étages.

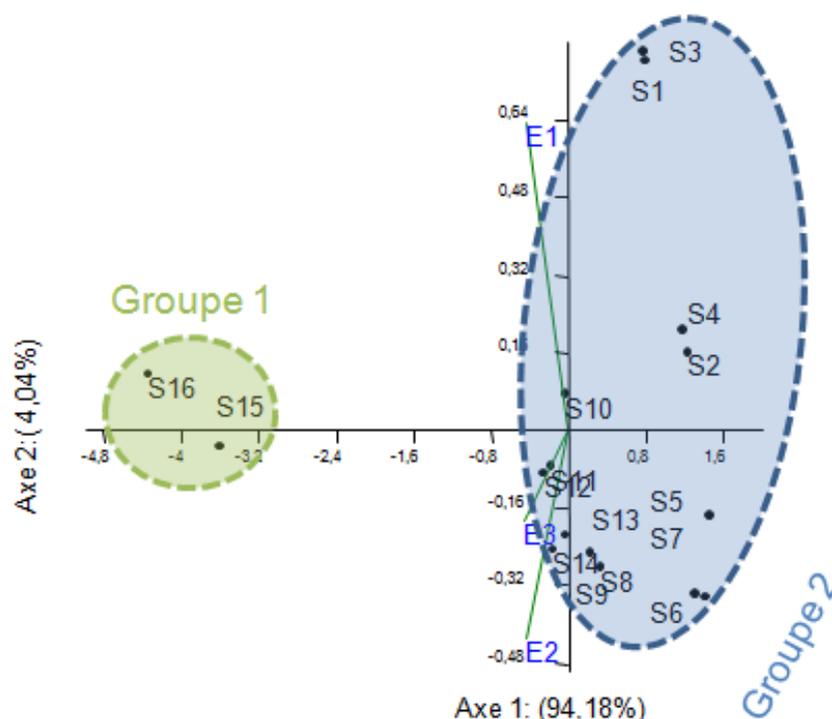


Figure 5.10: Evaluation du taux d'infestations larvaires de *T. absoluta* selon les étages foliaires

#### 5.3.4. Étude comparée du taux d'infestations de *T. absoluta* selon les étages foliaires

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier le taux d'infestations de *Tuta absoluta* selon les étages foliaires et la période. Les résultats d'analyses touchant le taux d'infestations selon la période (F-ratio=31,484,  $p=0,000$ ,  $p < 0,01$ ) et les étages foliaires (F-ratio=40,686,  $p=0,000$ ,  $p < 0,01$ ) présentent des différences très hautement significatives (Tableau 5.4).

Tableau 5.4: Résultats du test GLM du taux d'infestations de *Tuta absoluta* selon la période et les étages foliaires

Source	Somme des carrés	D.L.L	Moyenne des carrés	F-ratio	P
Période	18462,667	15	1230,844	31,484	0,000***
Étages	3181,167	2	1590,583	40,686	0,000***
Var. Intra	1172,833	30	39,094	-	-

\* : Probabilité significative à 5 %

A travers la figure 5.11, nous constatons que le taux d'infestation de *Tuta absoluta* au niveau de l'étage basal dépasse largement les autres étages foliaires. Il est secondé par l'étage foliaire moyen suivi immédiatement par l'étage apical.

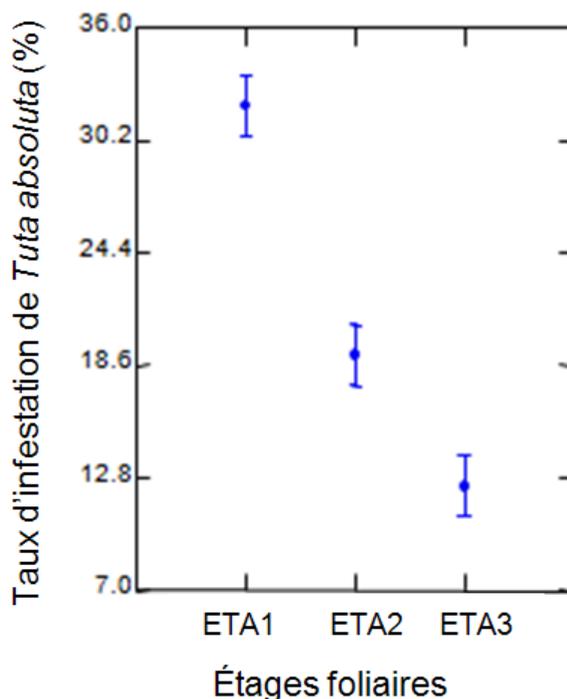


Figure 5.11. Comparaison du taux d'infestations de *T. absoluta* en fonction des étages foliaires

### 5.3.5. Estimation de l'ordre d'arrivée spatio-temporel de *T. absoluta* selon les étages foliaires

La succession écologique de l'abondance des différentes formes biologiques a été étudiée en calculant le barycentre où l'abondance maximale de *T. absoluta* est signalée. Le temps d'apparition (ou « Lag ») qui sépare par succession d'abondance au niveau d'un étage foliaire par rapport à un autre a été estimé par le test de crosscorrelation (Past vers. 9.1) (Tableau 5.5).

Tableau 5.5 : Ordre d'arrivée de *Tuta absoluta* sur les étages foliaires de la tomate

Abondance	Barycentre (Pic d'abondance maximale)	Test crosscorrelation	
		Lag.	p
<i>T. absoluta</i> ETA1	3,1	1	0,14 <sup>NS</sup>
<i>T. absoluta</i> ETA2	4,1		
<i>T. absoluta</i> ETA1	3,1	1,3	0,17 <sup>NS</sup>
<i>T. absoluta</i> ETA 3	4,4		
<i>T. absoluta</i> ETA2	4,1	0,3	8,58 × 10 <sup>-7</sup>
<i>T. absoluta</i> ETA3	4,4		

L'apparition de la mineuse de la tomate sur l'étage moyen se fait avec un décalage temporel d'un mois par rapport à l'étage basal, le Lag tend vers 1 ce qui signifie que *Tuta absoluta* migre vers le deuxième étage dès l'apparition du deuxième bouquet, la probabilité associée étant non significative ( $p=0,14$ ).

Sur l'étage apical, l'apparition de la mineuse de la tomate se fait avec un décalage temporel de quelques semaines par rapport à l'étage moyen, le Lag tend vers 0 ce qui signifie que *Tuta absoluta* migre vers le troisième étage dès l'apparition du troisième bouquet avec un temps très court, la probabilité associée étant significative ( $p=8,58 \times 10^{-07}$ ).

#### 5.3.6. Facteurs environnementaux influençant la fluctuation globale de *T. absoluta*

Nous avons étudié l'effet des variations thermiques et la photopériode sur la dynamique globale de *T. absoluta*. Les résultats du tableau 5.6, montrent une corrélation positive entre la lumière et *T. absoluta* ( $p=4,32 \times 10^{-6}$ ), une corrélation positive entre la température minimale et *T. absoluta* ( $p=1,27 \times 10^{-3}$ ), et une corrélation négative entre l'obscurité et la dynamique globale de la mineuse de la tomate ( $p=4,32 \times 10^{-6}$ ).

Tableau 5.6 : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de *T. absoluta* et les variations thermiques et la photopériode.

	<i>Tuta absoluta</i>	Lumière	Obscurité	T.max	T.min
<i>Tuta absoluta</i>	-	$4,32 \times 10^{-6}$	$4,32 \times 10^{-6}$	0,079	$1,27 \times 10^{-3}$
Lumière	0,888	-	$2,68 \times 10^{-69}$	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
Obscurité	-0,888	-1	-	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
T.max	0,451	0,270	-0,270	-	0,090
T.min	0,731	0,667	-0,667	0,436	-

Etant donné que le développement du ravageur est conditionné par les températures, nous avons jugé nécessaire de prendre en compte les valeurs moyennes des températures minimales et maximales et la photopériode enregistrées durant la période d'échantillonnage, et d'étudier la régression multiple de ces derniers. Les résultats du tableau 5.7 montrent une différence significative de la lumière et de l'obscurité avec une probabilité respective de  $p=3,954 \times 10^{-5}$ .

Tableau 5.7 : Régression multiple des facteurs environnementaux et fluctuation globale de *Tuta absoluta*

	Coeff.	Std.err.	t	p
Constant	-94,552	18,183	-5,199	$2,219 \times 10^{-4}$
Lumière	6,940	1,429	4,854	$3,954 \times 10^{-5}$
Obscurité	-6,940	1,429	4,854	$3,954 \times 10^{-5}$
T. max	0,572	0,390	1,464	0,168 <sup>NS</sup>
T. min	0,779	0,750	1,039	0,319 <sup>NS</sup>

Par référence aux valeurs du coefficient, nous signalons que l'abondance des formes biologiques est positivement corrélée à la lumière (Coeff.=6,9407), par contre elle est négativement corrélée à l'obscurité (Coeff.= -6,9407).

Le recours à la régression multiple nous permet de distinguer les affinités les plus pertinentes pouvant relier l'abondance des formes biologiques de *Tuta absoluta* à la photopériode ainsi qu'aux variations thermiques.

#### 5.4. Étude bio-écologique de la mouche mineuse *Liriomyza sp.*

Nous avons étudié l'effet des variations thermiques et la photopériode sur la fluctuation globale de *Liriomyza sp.* Les résultats du tableau 5.8 montrent une corrélation négative entre la lumière et *Liriomyza sp* ( $p=6,86 \times 10^{-4}$ ) et une corrélation positive entre obscurité et la dynamique globale de *Liriomyza sp.* ( $p=6,86 \times 10^{-4}$ ).

Tableau 5.8 : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de *Liriomyza sp* avec les variations thermiques et la photopériode

	<i>Liriomyza sp</i>	Lumière	Obscurité	T. max	T. min
<i>Liriomyza sp</i>	-	$6,86 \times 10^{-4}$	$6,86 \times 10^{-4}$	0,961	0,326
Lumière	-0,756	-	$2,68 \times 10^{-69}$	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
Obscurité	0,756	-1	-	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
T. max	-0,013	0,270	-0,270	-	0,090
T. min	-0,262	0,667	-0,667	0,436	-

Les résultats de l'étude de la régression multiple des facteurs environnementaux sur la dynamique globale de *Liriomyza sp.* sont présentés dans le tableau 5.9. Il montre une différence significative de la lumière et obscurité avec une probabilité de  $4,16 \times 10^{-4}$ .

Tableau 5.9 : Régressions multiples des facteurs environnementaux et la fluctuation globale de *Liriomyza sp*

	Coeff.	Std.err.	t	p
Constant	14,888	3,447	4,318	$9,99 \times 10^{-4}$
Lumière	-1,307	0,271	-4,823	$4,16 \times 10^{-4}$
Obscurité	1,307	0,271	-4,823	$4,16 \times 10^{-4}$
T.max	0,040	0,074	0,549	0,592 <sup>NS</sup>
T.min	0,240	0,142	1,692	0,116 <sup>NS</sup>

Les fluctuations numériques de la mouche mineuse réagissent positivement à la photopériode tandis que les fluctuations thermiques n'affectent pas la fluctuation numérique de l'espèce.

### 5.5. Étude bio-écologique de *Frankliniella occidentalis*

Nous avons étudié l'effet des variations thermiques et la photopériode sur la dynamique globale des thrips. Les résultats du Tableau 5.10 montrent une corrélation négative entre la lumière et les thrips ( $p=5,69 \times 10^{-3}$ ) et une corrélation positive entre obscurité et la dynamique globale des thrips ( $p= p=5,69 \times 10^{-3}$ )

Tableau 5.10 : Coefficient de corrélation de Pearson relatif à l'interaction larvaire de *Frankliniella occidentalis* et les variations thermiques et la photopériode

	Thrips	Lumière	Obscurité	T. max	T. min
Thrips	-	$5,69 \times 10^{-3}$	$5,69 \times 10^{-3}$	0,834	0,595
Lumière	-0,656	-	$2,68 \times 10^{-69}$	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
Obscurité	0,656	-1	-	0,310	$4,74 \times 10^{-3}$
T. max	0,056	0,270	-0,270	-	0,090
T. min	-0,143	0,667	-0,667	0,436	-

Les résultats de l'étude de la régression multiple des facteurs environnementaux sur la dynamique globale de Thrips dans le tableau 5.11 montrent une différence significative de la lumière et obscurité avec une probabilité de  $p=1,45 \times 10^{-4}$ .

Tableau 5.11 : Régressions multiples des facteurs environnementaux et la fluctuation globale de *Frankliniella occidentalis*.

	Coeff.	Std.err.	t	p
Constant	18,580	5,530	3,359	$5,67 \times 10^{-3}$
Lumière	-1,786	0,434	-4,107	$1,45 \times 10^{-3}$
Obscurité	1,786	0,434	-4,107	$1,45 \times 10^{-3}$
T. max	0,071	0,118	0,603	0,557
T. min	0,413	0,228	1,810	0,095

Les fluctuations numériques du Thrips réagissent positivement à la photopériode tandis que les fluctuations thermiques n'affectent pas la fluctuation numérique de l'espèce.

## CHAPITRE 6

### DISCUSSION GÉNÉRALE

Les espèces invasives peuvent être définies comme des espèces exotiques qui s'étendent à partir d'un point d'introduction situé en dehors de leur aire de répartition et deviennent abondantes [99]. De par leur impact sur la biodiversité, les invasions biologiques sont de plus en plus considérées comme l'une des composantes du changement global [100]. La plupart des introductions à longue distance d'espèces non natives dans de nouveaux espaces sont le résultat direct ou indirect d'activités humaines. Ainsi, l'agriculture favorise l'établissement d'espèces exotiques directement par le transport des marchandises et indirectement par la création de sites propices à la colonisation. Une fois que l'espèce exotique s'établit, son éradication est souvent impossible et la mise en place de méthodes de lutte, quant elle est possible, est souvent difficile et coûteuse [101 ; 99; 102].

#### 6.1. Fluctuation temporelle et estimation des risques

Nos résultats sur l'évolution de *Tuta absoluta* sur la culture de tomate variété Kartier sous serre dans la région de Staoueli, ont montré que les taux d'infestations larvaires varient entre les niveaux 2 et 3. Le risque d'infestations larvaire est enregistré pendant toutes les phases phénologiques de la culture du début janvier jusqu'à la mi-avril 2012, avec des pourcentages d'infestation compris entre 6,28% et 36,36%. Vers la fin du cycle phénologique de la culture, nous remarquons une recrudescence d'infestation qui peut atteindre le niveau 5 avec un taux d'infestation de 72,28 % sur les plants âgés, en fin de cycle végétatif, malgré les différentes mesures hygiéniques comme l'élimination des bourgeons axillaires et les différents traitements phytosanitaires. Ces données confirment les résultats des travaux réalisés par Leite et *al.*, en 2004 [103], qui signalent que les infestations sont toujours plus importantes en fin de croissance qu'au début de la croissance. En effet, nous remarquons que les niveaux d'infestation en fin de

cycle sur la variété Kartier sont supérieurs par rapport à ceux des jeunes plants en début de phase végétative. Les différentes opérations pré-culture, comme le travail du sol et cultural comme l'ébourgeonnage et les différents traitements phytosanitaires ont permis l'élimination respectivement d'un certain stock de contamination en larves, chrysalides et en œufs.

Nos résultats sur les taux d'infestations de la mouche mineuse *Liriomyza* sp., font ressortir d'une manière globale que les taux d'infestations sont enregistrés durant les 3 premiers mois de notre échantillonnage. L'infestation était plutôt élevée durant le mois de janvier, et varie de 8,12% à 8,52% où la plante était en période de début floraison, pour atteindre 9,09% vers la fin du mois coïncidant ainsi avec la phase de pleine floraison. Après cette période, les taux régressent pour osciller entre 1,31% et 1,41% dès l'apparition du deuxième bouquet floral et ce durant le mois de février. Pour ce qui est du mois de mars où le stade phénologique de la plante était en pleine floraison du quatrième bouquet, nous avons noté un taux d'infestation très faible, qui varie entre 0,58% et 0,34 %. Les travaux consacrés à l'estimation des dégâts des mouches mineuses suscitent des controverses. Certains auteurs pensent que plusieurs cultures comme la tomate peuvent tolérer de fortes infestations sans chute importante du rendement [104] et que les dégâts provoqués sur les feuilles ne sont pas toujours proportionnels à la perte de récolte ; d'autres, estiment que 30 mines de *Liriomyza* par feuille entraînent une diminution de moitié du calibre des fruits de tomate [105] et une chute de rendement de 10 %. A l'île de la Réunion, Vercambre et al., [106], signalent une baisse de 20 % de la production, liée à une forte infestation par *L. trifolii*.

Enfin, *Frankliniella occidentalis* est un ravageur extrêmement polyphage qui s'attaque à presque tous les ordres de Spermatophytes [107;108]. Ses infestations sont redoutées autant sur les cultures florales et maraîchères sous abris que sur les cultures en champ [109;110]. Nos résultats font ressortir que le taux d'infestations larvaires du thrips *Frankliniella occidentalis*, est faible durant le début du mois du janvier avec 9,66 % et une régression vers la fin du même mois

pour atteindre 2.56%. Ce taux faible peut s'expliquer par l'application de différents produits phytosanitaires utilisés au cours du mois de décembre avec trois applications et 3 autres au cours du mois de janvier avec un intervalle de 10 à 15 jours entre chaque produit, comme l'avait mentionné Germane et *al.*, en 2003 [111]. La lutte contre le thrips par des moyens chimiques peut être difficile, car ce ravageur est résistant à la plupart des pesticides. En outre, ses larves se tiennent au fond des boutons floraux ou sur les très jeunes feuilles pour s'y nourrir. À cause de ses caractéristiques, le thrips est une cible difficile à atteindre par les insecticides. Les pulvérisations doivent couvrir de façon homogène toutes les parties des plantes et il faut alterner les groupes chimiques des pesticides utilisés et ne pas utiliser qu'un groupe chimique pendant la durée d'un cycle biologique des thrips. Cela veut dire qu'il faut changer de groupe chimique toutes les 2–3 semaines, cet intervalle varie selon l'époque de l'année et le rythme de succession des générations qui ralentit durant les périodes froides. La propreté générale de la serre a joué un rôle important. Des mesures d'hygiène rigoureuses ont permis de réduire, voire d'éliminer, les infestations de thrips.

L'Analyse en Composantes Principales a fait ressortir que le taux d'infestation de la mineuse de la tomate est plus important lors des dernières sorties de notre expérimentation contre une installation précoce des populations de la mouche mineuse et du thrips où le taux d'infestation est plus important lors des premières semaines d'échantillonnage. L'analyse révèle que la mineuse de la tomate est envahissante et plus compétitive même tardivement par rapport à la mouche mineuse de la tomate et le thrips qui se sont précocement installés, d'où la significativité de l'abondance temporelle des taux d'infestation des différents ravageurs.

Certaines études ont souligné les liens entre traits d'histoire de vie et aptitude à la compétition. Une dichotomie classique a été introduite par Mac Arthur et Wilson (1967) [112] entre les espèces nommées « r- and K- selected ». Selon leurs travaux, les espèces de type r montrent une série de traits favorisant un accroissement rapide des populations et la colonisation de nouveaux habitats,

alors que les espèces de type K sont mieux adaptées à la compétition dans les habitats saturés. Bien que des études plus récentes aient montré que les conditions de sélection pour les traits r par rapport aux traits K sont plus complexes qu'une régulation densité-indépendante contre densité-dépendante [113], les espèces peuvent souvent être décrites comme étant r ou K. Certaines espèces tendent à avoir une maturation rapide, une petite taille, un taux d'accroissement naturel élevé, une faible résistance aux compétiteurs et une dispersion efficace ; alors que d'autres présentent une durée de vie élevée, une fécondité faible, une grande taille et une mobilité limitée. Bien sûr, il s'agit là des cas extrêmes d'un gradient continu le long duquel les espèces peuvent être classées. La théorie de la coexistence développée par Tilman en 1994 [114] est conforme à la dichotomie de Mac Arthur et Wilson [112]. Elle établit que la coexistence de plusieurs espèces peut être promue dans un habitat structuré grâce à un régime de perturbation qui régénère constamment de nouveaux sites libres et des trade-offs compétition-colonisation entre les différentes espèces. Les mauvais compétiteurs doivent être de bons colonisateurs car leur maintien est possible uniquement s'ils arrivent les premiers dans les sites vides.

Les invasions biologiques ont été traditionnellement déterminantes par des flux d'importation [115] et l'absence d'ennemis naturels [116]. L'aptitude à la compétition a comparativement reçu moins d'attention surtout à cause de l'importance que l'on a donné au rôle de l'absence d'ennemis naturels [117 ; 118]. Pourtant, mis à part de rares cas, les niches investies par des espèces exotiques ne sont pas entièrement vacantes, et les envahisseurs déplacent habituellement les espèces déjà présentes qu'elles soient indigènes ou exotiques [119].

La plupart des espèces envahissantes doivent ensuite entrer en compétition, avant d'établir des populations permanentes importantes. Certaines études ont déjà montré que, dans le cas de deux espèces, l'exotique envahissante tend à être plus compétitive grâce à une meilleure aptitude à utiliser la ressource [120; 118]. Les traits requis pour l'étape de colonisation initiale n'étant pas les mêmes que ceux requis pour la persistance à long terme [102].

On peut dire que les thrips et la mouche mineuse arrivent à s'installer plus vite et plus facilement, mais la mineuse de la tomate ne peut s'installer que si elle est plus compétitive que les résidentes. Ainsi, dans les invasions successives, on peut s'attendre à un ordre logique des stratégies allant des espèces colonisatrices aux espèces compétitives.

Les infestations de *Tuta absoluta* présentent des variations selon le niveau foliaire avec des différences très hautement significatives pour l'hybride Kartier. D'une manière globale, c'est l'étage foliaire basal qui est le plus infesté, et l'étage apical le moins infesté. Ainsi, l'ordre d'importance suit un gradient de croissance des organes nourriciers, au niveau de l'étage foliaire basal sont signalées les infestations les plus élevées avec des taux de 32%, l'étage foliaire moyen présente 18% d'infestation, et au final l'étage apical le moins affecté par les attaques de *Tuta absoluta* avec un taux de 12%.

Leite et *al.*, (1999) [121], Oliveira (1999) [122], Lacordaire et Feuvrier (2010) [123], montrent que lorsque les feuilles deviennent de plus en plus sénescentes, les mines de *T. absoluta* ont tendance à se concentrer beaucoup plus sur les feuilles de l'étage moyen que sur celui de l'étage apical, ce qui pourrait s'expliquer par une distribution évolutive de l'infestation en relation avec les différents stades de croissance de la plante. C'est pourquoi d'après nos observations, les folioles de l'étage basal ont été précocement infestées par rapport à celles des étages moyen et apical. Nos résultats concordent avec de copieux travaux réalisés en Algérie notamment ceux obtenus par Aroun et Lourdi (2011) [124], Lourdi (2009) [125], sur les variétés «Doucen» et «Zahra», par Yasef et Bouzidi (2010) [126], sur la variété «Agora» à El Affroun (sublittoral algérois) et Zaid en 2010 [14], sur les variétés Susan, TOP 48, à Staouli et Cheraga (littoral algérois) et dernièrement avec les travaux de Bellatreche (2012) [127].

Ce type d'infestation doit suivre l'évolution de différentes phases de croissance de la plante, ainsi que les variations qualitatives et quantitatives des différents organes végétatifs, en particulier celles du feuillage nourricier qui constitue le facteur décisif et essentiel des fluctuations d'effectifs [128]. Ainsi, sur une espèce végétale, le développement complet de l'insecte qui assure la survie, la croissance et la reproduction dépendent du lieu d'alimentation et de l'âge des feuilles [129;130;131]. Cependant, les larves sont confrontées à une source de nourriture qui n'est pas stable dans le temps: des changements physico-chimiques s'opèrent dans la plante hôte tout au long de la saison de croissance. Pour une espèce phytophage, ces changements impliquent une variation dans la qualité de sa nourriture [132]. En général, plus la saison de croissance avance, plus la qualité de la ressource diminue [133 ; 134; 135].

Dans le cas d'une déficience quantitative, lorsque les larves ont épuisé tout le feuillage disponible, la pénurie absolue est précédée d'une phase de pénurie relative où les larves sont sous-alimentées, elles migrent vers les jeunes feuilles. Par contre, en situation de déficience qualitative, les larves s'alimentent sur le feuillage ancien jusqu'à son épuisement total. Les larves disposent de feuillage ancien, peu consommé [136]. De plus, lorsque les insectes sont spécifiques à une plante, ils doivent y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles.

Certains modèles d'optimisation démontrent que la diète optimale pour un insecte doit lui permettre de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Elle doit aussi lui permettre de conserver un bon fitness et assurer la survie de sa progéniture [137]. Les besoins énergétiques et nutritionnels d'une espèce phytophage sont tels qu'un apport minimal dans la diète est requis pour la survie et la croissance [132]. Ces besoins varient selon l'espèce et le stade de l'insecte. L'alimentation est particulièrement cruciale pour les femelles de plusieurs espèces phytophages puisqu'elles doivent produire des œufs viables.

Il apparaît donc qu'il n'y a aucune variété cultivée connue de tomate résistante à *Tuta absoluta*. Ce fait pourrait être associé à la variabilité génétique réduite présentée pendant la domestication de la tomate, menant à la perte des gènes qui commande la production des substances allélochimiques impliquées dans la défense des solanacées [138]. Contrairement au Brésil où des travaux de sélection menés chez la tomate, visant à produire des cultivars résistants aux ravageurs, les allèles de résistance ont montré qu'ils contiennent des substances allélochimiques associées à la résistance, en particulier la présence de sesquiterpènes « zingibérène », qui confèrent une résistance à l'acarien [36], à la mineuse de la tomate [20] et à la mouche blanche [21]. La présence des acylglycérols, composés phytochimiques également peuvent agir pour empêcher la ponte, ou le pouvoir d'exercer des effets néfastes sur le développement de certaines phases des ravageurs.

## 6.2. Ordre d'installation primaire et répartition des niches écologiques

L'importance de la compétition interspécifique a été très discutée en écologie spécialement au niveau de son rôle dans la structure des communautés d'insectes phytophages [139;140; 141]. Des revues bibliographiques récentes démontrent que la compétition interspécifique est largement répandue chez les insectes [142; 143; 119]. Dans leur revue sur les déplacements compétitifs chez les insectes et les arachnides, Reitz et Trumble (2002) [119] montrent que ceux-ci sont généralement observés entre des espèces très proches et souvent lors de phénomènes d'invasion: une espèce exotique déplace une espèce native (33% des cas) ou une autre espèce exotique préalablement établie (55% des cas). La compétition interspécifique affecte de façon importante la distribution et l'abondance des populations d'insectes phytophages. Ainsi, la structure des populations de phytophages est autant influencée par la compétition que par les ennemis naturels ou les plantes hôtes [142]. L'entomofaune se limite le plus souvent à une association agro- biocœnotique groupant les phytophages strictement inféodés à la plante cultivée. Ils sont nombreux par la force d'attraction que représente une monoculture, et les entomophages qui parviennent à s'installer [144].

Mais il s'agit là dans notre cas de biocœnoses incomplètes, instables et constamment perturbées par des facteurs humains, traitements chimiques, travail du sol, environnement souvent appauvri. Les inter-relations sont limitées à la seule culture.

La complexité et l'abondance de l'entomofaune nous a donc incité à nous préoccuper de la répartition spatiale des insectes phytophages. Il n'est, en effet, pas douteux que celle-ci ne se fait pas au hasard mais qu'elle est régie par des causes complexes [145].

Nos résultats rapportés sur les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires de la mineuse de la tomate, nous ont caractérisé 2 générations larvaires hiverno-début printanière et deux générations larvaires printanières entre avril et fin mai, pour la variété Kartier., la première génération larvaire dure 30 jours, la seconde 14 jours, la troisième 21 jours et la quatrième génération larvaire dure 35 jours selon nos résultats. Les différentes durées cumulées, indiquent que le développement larvaire est plus long et se fait plus lentement pour certaines générations, vraisemblablement en raison de la fréquence des fertilisations et des traitements insecticides réalisés mensuellement. Il semble donc que le développement larvaire soit perturbé par ce mode de conduite phytostimulant et phytosanitaire de la culture.

Barrientos et *al.*, (1998) [146], ont signalé que *Tuta absoluta* a un potentiel reproducteur élevé. Les larves ne marquent pas de diapause aussi longtemps que la nourriture est disponible, le cycle de vie de *Tuta absoluta* peut avoir 10 à 12 générations par an en Espagne [147]. Les études au Chili ont prouvé que le développement de *T. absoluta* est de 76,3 jours quand la température est de 14°C [148]. Le cycle de développement est de 39,8 jours à 19,7°C et de 23,8 à une température de 27,1°C [146]. Le cycle biologique est accompli en 29-38 jours selon les conditions environnementales [149]. En Argentine *T. absoluta* peut accomplir son cycle de vie en 30 jours [150].

Les conditions abiotiques et biotiques des régions influent sur le nombre des générations et la durée de développement de la mineuse. En comparaison avec nos résultats, Mahdi (2011) [151], signale que le développement larvaire nécessite  $23 \pm 3,1$  jours à  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $13,3 \pm 1,2$  jours à  $21^{\circ}\text{C}$  et  $7,9 \pm 1,2$  jours à  $30^{\circ}\text{C}$ . Le cycle biologique est accompli en 34 jours avec une moyenne de température de  $20^{\circ}\text{C}$  et une moyenne d'humidité de 70% à Staoueli, et en 29,5 jours à une moyenne de température de  $23^{\circ}\text{C}$  et une moyenne d'humidité de 66% à Douaouda ville, sur la côte algéroise [12]. Deux générations ont été notées par Yasef et Bouzidi (2010) [126], au niveau de la région d'EL-Affroun sur culture sous serre de tomate durant une période de 3 mois. OUDOUID (2009) [15], dans son travail dans la région du littoral ouest algérois sur culture de tomate sous serres variété DOUCEN et BOND, a pu enregistrer l'existence de deux générations sur une période de deux mois et a mis en évidence que le cycle de développement de *T. absoluta* est de 43 jours à une moyenne de température de  $20^{\circ}\text{C}$  et une moyenne d'humidité de 90% sous serre alors qu'en plein champs, il est accompli en 34 jours avec une moyenne de température de  $20^{\circ}\text{C}$  et une moyenne d'humidité de 70%. Le mode de protection au niveau de chaque serre a influé sur la dynamique des populations de *T. absoluta*.

Nos résultats sur les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires de la mouche mineuse, signalent deux pics de fluctuations larvaires. Le premier enregistré vers la dernière semaine du mois de janvier et une reprise d'abondance larvaire vers la mi-mars. La durée du développement larvaire varie avec la température, généralement elle est de 4-7 jours à des températures moyennes au dessus de  $24^{\circ}\text{C}$  [152]. Sur l'haricot, plus au moins  $30^{\circ}\text{C}$  *L. trifolii* termine son cycle en 4 jours et à  $20^{\circ}\text{C}$  dans les 7 jours [153]. A des températures au dessus de  $30^{\circ}\text{C}$ , le taux de mortalité des stades immatures augmente fortement. *Liriomyza sp* se métamorphose à l'extérieur, soit sur le feuillage ou dans le sol juste en dessous de la surface.

L'émergence des adultes de l'espèce *Liriomyza* se produit 7-14 jours après la nymphose, à températures comprises entre 20 et 30 ° C [154]. A basse température, l'émergence est retardée. Dans le sud des USA, le cycle de vie est en continu tout au long de l'année. Une première génération sensible est notée en Avril [155]. Dans le sud de la Floride, *L. trifolii* à deux ou trois générations complètes qui se chevauchent [155]. *Liriomyza sp* a terminé son cycle de vie (la ponte à l'émergence des adultes) en 12 jours à 35 °C, 26 jours à 20 °C, et 54 jours à 15 °C [155]. Sur chrysanthème le cycle de vie est achevé en 24 jours à 20 °C mais sur *Lunatus phaseolus* et *Vigna sinensis* il ne faut que 20 jours à cette température [153].

Nos résultats sur les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires des thrips présentent un pic important à la mi-janvier par rapport aux autres dates de notre échantillonnage. Aux Etats-Unis, *F. occidentalis* se reproduit en serre pendant toute l'année, le nombre de générations pouvant atteindre 12 à 15 par an [156;157]. La durée totale du cycle est de 44,1; 22,4; 18,2 et 15 jours aux températures de 15, 20, 25 et 30°C respectivement. Chaque femelle pond de 20 à 40 œufs. La période de pré-ponte est de 10,4 jours à 15°C, et de 2-4 jours à 20 et 30°C. Le taux de reproduction est maximal à 20°C (95,5 œufs éclos par femelle). Les œufs sont insérés dans le parenchyme des feuilles, des fleurs et des fruits, et éclosent en 4 jours à 27°C (en 13 jours à 15°C). Les œufs sont très sensibles au dessèchement, et subissent une forte mortalité à ce stade. Les adultes entrent même parfois dans des boutons de chrysanthèmes encore clos, sans doute pour pondre, ce qui rend la lutte particulièrement difficile. Il y a trois ou quatre stades larvaires: aux deux premiers, les larves s'alimentent activement, alors que les deux derniers correspondent à des pseudonymphes, respectivement 'prénymphé' et 'nymphé', qui ne s'alimentent pas. La larve du premier stade émerge du tissu végétal la tête la première, et commence à se nourrir presque immédiatement. La première mue intervient après 1-3 jours à 27°C (7 jours à 15°C). Les larves de 2<sup>e</sup> stade sont très actives et recherchent des sites bien enfermés pour s'alimenter.

La durée de ce stade varie entre 3 jours à 27°C et 12 jours à 15°C. La larve de 2<sup>ème</sup> stade devient inactive, puis se mue en pseudonimpe, stade qui dure 1 jour à 27°C et 4 jours à 15°C. La nymphose peut avoir lieu à des sites assez variés, souvent dans le sol mais aussi, par exemple, dans une fleur, surtout si celle-ci, de part sa structure, offre un site très bien protégé. Le dernier stade larvaire est totalement inactif. Sur un cycle de 30 jours, plus de 10 jours peuvent se passer à ce stade dans le sol. En général, l'adulte émerge après 2 à 9 jours, selon la température. La femelle nouvellement émergée reste peu active pendant 24 h, mais devient extrêmement active quand elle atteint la maturité. Elle vit 48 jours en condition de laboratoire, mais peut survivre jusqu'à 90 jours. Le mâle a une longévité de 5 % de moins.

La ponte commence 72 h après l'émergence et continue de manière intermittente, pendant la vie de l'insecte. A 27°C, une femelle pond en moyenne de 0,68 à 1,63 œufs par jour. Les populations naturelles comprennent généralement 4 fois plus de femelles que de mâles, ces derniers provenant d'œufs non fertilisés que peuvent pondre des femelles vierges.

En California (Etats-Unis), *F. occidentalis* passe l'hiver à l'extérieur, généralement au stade adulte, bien qu'il ne soit pas rare de retrouver quelques larves bien formées dans des boutons floraux ou foliaires. Les femelles prédominent pendant l'hiver et le printemps, à cause de la longévité réduite des mâles et de leur plus grande sensibilité aux conditions hivernales. Dans le sud du New Mexico (Etats-Unis), la survie des adultes de *F. occidentalis* semble être favorisée par un hiver sec. Une plus forte pluviosité au printemps et en été permet alors une végétation abondante et le développement de populations importantes de thrips. Quoi qu'il en soit, *F. occidentalis* est aussi fréquent à l'extérieur dans la zone côtière de la British Columbia (Canada), et doit donc être capable de survivre un hiver doux et humide. En Europe du Nord, il n'existe encore aucune indication que *F. occidentalis* soit capable de survivre l'hiver à l'extérieur.

D'une manière générale, on peut expliquer les différentes fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires des trois phytophages par une compétitivité interspécifique entre ces trois espèces, il n'y a pas d'étude expérimentale démontrant directement l'action de la compétition, par exemple par manipulation des densités sur le terrain, ces études étant très difficiles à mener. D'un autre côté, nos résultats font penser qu'une forte compétition a eu lieu.

Nos résultats montrent une divergence dans l'ordre d'arrivée d'abondance maximale du groupe fonctionnel (consommateurs primaires), qui est confirmé par l'existence d'un décalage temporel établi entre les différentes espèces étudiées à savoir *Liriomyza sp.*, *F. occidentalis* et *Tuta absoluta*.

En effet, l'apparition de la mouche mineuse est signalée avec un décalage temporel de plus d'une semaine avec celle des thrips, les deux espèces se succèdent simultanément avec un temps très rapproché. Les thrips apparaissent ainsi les premiers lors de l'installation de la culture par rapport à la mouche mineuse. *Tuta absoluta* fait son apparition après la mouche mineuse avec un décalage temporel de 2 mois et quelques semaines, soit au stade phénologique plein floraison du 2<sup>ème</sup> bouquet. On peut supposer à travers ces résultats que le décalage temporel instauré sur les abondances maximales des consommateurs primaires obéit à des adaptations nutritionnelles conjuguées à des exigences thermiques connues sous l'appellation de fenêtres de subtilité. Cette fenestration temporelle a permis l'extinction ou le changement d'effectifs et de répartition des espèces préétablies. Ces changements peuvent être interprétés comme des exclusions ou des déplacements compétitifs.

Le recours aux traits d'histoire de vie ou les traits démographiques pour caractériser la stratégie des compétiteurs implique que la compétition est principalement liée à l'exploitation des ressources. Cependant, les traits du comportement peuvent aussi être impliqués dans la compétition au travers de l'interférence. Si l'agression directe entre espèces permet à une espèce plus

agressive d'avoir accès à la ressource au détriment d'une autre, la compétition par interférence peut également impliquer une monopolisation anticipée des ressources et leurs défenses [158]. Chez les insectes, d'après Case et Gilpin (1974) [159], l'interférence est fréquente, en dépit d'un coût écologique élevé, car elle fournit des bénéfices rapides.

La plupart des études sur la compétition sont descriptives et concernent rarement plus de deux espèces, l'augmentation de la densité d'une espèce est accompagnée par la diminution de la densité d'une deuxième espèce. Un grand nombre d'expériences ont donc mesuré l'importance de la compétition par la modification des abondances [160;161]. Les mécanismes à l'œuvre dans la compétition sont souvent peu connus et peuvent être spécifiques de chaque paire d'espèces en compétition. Une autre approche, bien qu'indirecte, est d'identifier des traits chez les espèces, qui peuvent être utilisés pour prédire le déplacement compétitif. Les stratégies d'histoire de vie et les traits de comportement sont ainsi deux déterminants importants de la compétition chez les insectes [159].

Un aspect intéressant des espèces dans l'entomologie est leur apparenté directionnelle. En effet, les compétitions réciproques n'ont jamais été observées (quand A envahit en présence de B, l'inverse n'est jamais observé ailleurs), et l'aptitude à la compétition est transitive (quand A envahit en présence de B, et B en présence de C, il peut y avoir des cas d'invasion de A en présence de C mais pas l'inverse). Si on applique cette hypothèse dans notre étude, les thrips sont envahis par la mouche mineuse et cette dernière est envahie par la mineuse de la tomate et on peut émettre que les thrips seront envahis par la mineuse de la tomate.

Une fois confirmé par d'autres études, ceci ouvrirait la possibilité de ranger les espèces selon une échelle d'invasion unique. Si des traits spécifiques peuvent être utilisés comme précurseurs de la position d'une espèce donnée sur l'échelle, ils permettraient d'indiquer le potentiel invasif d'une espèce dans une communauté donnée.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce travail qui s'est intéressé à la répartition des niches écologiques et à l'agressivité des principaux ravageurs de la tomate sous serre, nous avons pu dégager certains résultats en réponse aux questions hypothèses de l'étude.

L'évolution temporelle du taux d'infestation de *Tuta absoluta* sur la culture de tomate variété Kartier sous serre dans la région de Staoueli a montré que les taux d'infestations larvaires varient entre les niveaux 2 et 3. Le risque d'infestation larvaire est enregistré pendant toutes les phases phénologiques de la culture du début janvier jusqu'à la mi-avril 2012, avec des pourcentages d'infestation compris entre 6,28% et 36,36%. Vers la fin du cycle phénologique de la culture, nous remarquons une recrudescence d'infestations qui peut atteindre le niveau 5 avec un taux d'infestation de 72,28 % sur les plants âgés, en fin de cycle végétatif.

L'évolution temporelle du taux d'infestation de la mouche mineuse *Liriomyza sp.*, fait ressortir d'une manière globale que les taux d'infestations sont enregistrées durant les 3 premiers mois de notre échantillonnage. L'infestation est plutôt élevée durant le mois de janvier et régresse par la suite.

L'évolution temporelle du taux d'infestations larvaires du thrips *Frankliniella occidentalis*, est faible durant le début du mois du janvier avec 9,66 % et une régression vers la fin du même mois pour atteindre 2.56%.

Notre étude fait ressortir que le taux d'infestations de la mineuse de la tomate est plus important lors des dernières sorties de notre expérimentation contrairement aux taux d'infestations importants lors des premières semaines d'échantillonnage des populations de la mouche mineuse et du thrips qui se sont installées précocement. Nos résultats révèlent que la mineuse de la tomate est

envahissante, elle est plus compétitive même tardivement par rapport à la mouche mineuse de la tomate et le thrips qui se sont précocement installés.

Les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires de la mineuse de la tomate, ils nous ont caractérisé 2 générations larvaires hiverno-début printanières et deux générations larvaires printanières entre avril et fin mai, pour la variété Kartier.

Les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires de la mouche mineuse, indiquant deux pics de fluctuations larvaires. Le premier enregistré vers la dernière semaine du mois de janvier et une reprise d'abondance larvaire à la mi-mars.

Les fluctuations temporelles de la dynamique des formes biologiques larvaires des thrips présentent un pic important à la mi-janvier par rapport aux autres dates de notre échantillonnage.

L'ordre d'installation montre une divergence dans l'ordre d'arrivée, par l'existence d'un décalage temporel établi entre les différentes espèces étudiées à savoir *Liriomyza sp.*, *F. occidentalis* et *Tuta absoluta*.

Après les données que nous avons recueillies lors de notre étude, il serait été intéressant et surtout rentable d'éliminer et de brûler les restes d'effeuillage. Ces interventions auraient pu diminuer le niveau d'infestation de la culture, réduire la fréquence des applications des pesticides et diminuer les coûts de production.

Il serait intéressant par ailleurs de continuer cette étude sur les interactions interspécifiques des consommateurs primaires et leurs ordres d'arrivages sur la culture pour mettre en œuvre des moyens de luttés plus précis et plus rentable pour les producteurs surtout en matière de lutte de piégeages massives comme moyen de lutte biotechnologique .

Il serait également intéressant de mener des études sur les interactions interspécifiques des consommateurs primaires et leurs auxiliaires afin d'augmenter l'efficacité de la régulation des ravageurs, ainsi que l'impact des pratiques culturales sur la biodiversité fonctionnelle.

## APPENDICE A

Nature et type des intrants chimiques utilisés pendant la période de la culture de la tomate dans la station.

Date	Nom Commercial	Matière Active	Famille Chimique	Catégorie
04/12/11	Milor mz720 Wp + Trigard	Tébuconazole + cyromazine	Triazoles+ Aminotriazines	Fongicide + Insecticide
15/12/11	Judoka	Esfenvalérate	Pyrèthrinoides	Insecticide
27/12/11	Judoka +Bravo	Esfenvalérate+ Chlorothalonil/ Cyproconazole	Pyrèthrinoides+ Chloronitriles/ Triazoles	Insecticide+ Fongicides
01/01/12	Melody duo +Trigard	Iprovalicarbe/Propinebe+ cyromazine	Amino-acide carbamales / Triazoles+ Aminotriazines	Fongicide + Insecticide
08/01/12	14.8.32	/	/	Engrais
06/01/12	Bouillie bordelaise + Vertimec	Cuivre + Abamectine	Avermectines	Fongicide + Insecticide+ acaricide
11/01/12	Elément Ca	/	/	Engrais
16/01/12	Melody duo +Trigard	Iprovalicarbe/Propinebe+ cyromazine	Amino-acide carbamales / Triazoles+ Aminotriazines	Fongicide + Insecticide
18/01/12	14.8.32	/	/	Engrais
29/01/12	14.8.32	/	/	Engrais
31/01/12	Element Ca	/	/	Engrais
08/02/12	14.8.32	/	/	Engrais
15/02/12	Melody duo +Romectin	Iprovalicarbe/Propinebe + Abamectine	Amino-acide carbamales / Triazoles + Avermectines	Fongicide + Insecticide
19/02/12	14.8.32	/	/	Engrais
20/02/12		/	/	Engrais

29/02/12	Element Ca 14.8.32	/	/	Engrais
01/03/12	Bravo	Chlorothalonil/ Cyproconazole	Chloronitriles/ Triazoles	Fongicide
01/03/12	14.8.32	/	/	Engrais
06/03/12	Vertimec	Abamectine	Avermectines	Insecticide+ acaricide
12/03/12	Element Ca	/	/	Engrais
13/03/12	Curzate	Cymoxanil	acétamides	Fongicide
21/03/12	Bravo	Chlorothalonil/ Cyproconazole	Chloronitriles/ Triazoles	Fongicide
31/03/12	14.8.32	/	/	Engrais
01/04/12	14.8.32	/	/	Engrais
02/04/12	Switch +Vertimec	Cyprodinil/Fludioxonil + Abamectine	anilinopyrimidines/ phénylpyrroles+ Avermectines	Fongicide + Insecticide
02/04/12	Elément Ca	/	/	Engrais
11/04/12	Proclaim	Emamectine benzoate	Avermectines	Insecticide
11/04/12	Euparene	Dichlofluanide	Sulfamides	Fongicide
12/04/12	Potasol +14.8.32	/	/	Engrais
18/04/12	Switch	Cyprodinil/Fludioxonil	anilinopyrimidines/ phénylpyrroles	Fongicide
18/04/12	Romectin	Abamectine	Avermectines	Insecticide - Acaricide
23/04/12	Potasol +14.8.32	/	/	Engrais
24/04/12	Element Ca	/	/	Engrais
02/05/12	Switch+Trigard	Cyprodinil/Fludioxonil+ cyromazine	anilinopyrimidines/ phénylpyrroles+ Aminotriazines	Fongicide + Insecticide
03/05/12	Potasol+phonasol	/	/	Engrais
14/05/12	Potasol+phonasol	/	/	Engrais
15/05/12	Element Ca	/	/	Engrais
08/05/12	Vertimec	Abamectine	Avermectines	Insecticide - Acaricide
24/05/12	Potasol+phonasol	/	/	Engrais

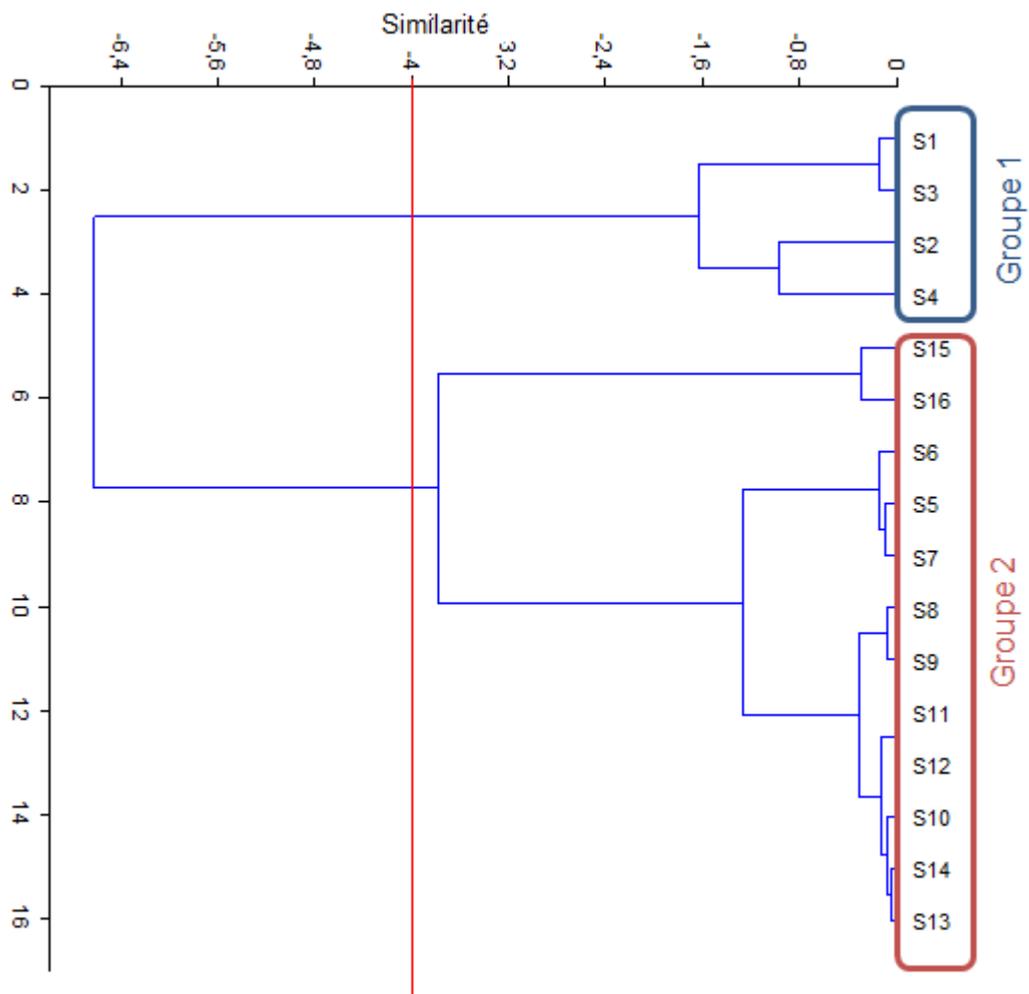
## APPENDICE B

Indice du risque en fonction de la présence des larves vivantes dans la culture.

Niveau	Signification : % des plantes infestées
0	Pas de dégâts détectés avec les larves actives.
1	Niveau anecdotique (inférieur à 5% des plantes).
2	Niveau très faible, (5 à 20% des plantes).
3	Niveau moyen : entre 25 à 50% des plantes présentent une larve vivante.
4	Niveau élevé : plus de 50% des plantes présentent une larve vivante.
5	Niveau très élevé : plus de 50% des plantes présentent plusieurs larves vivantes par plant.

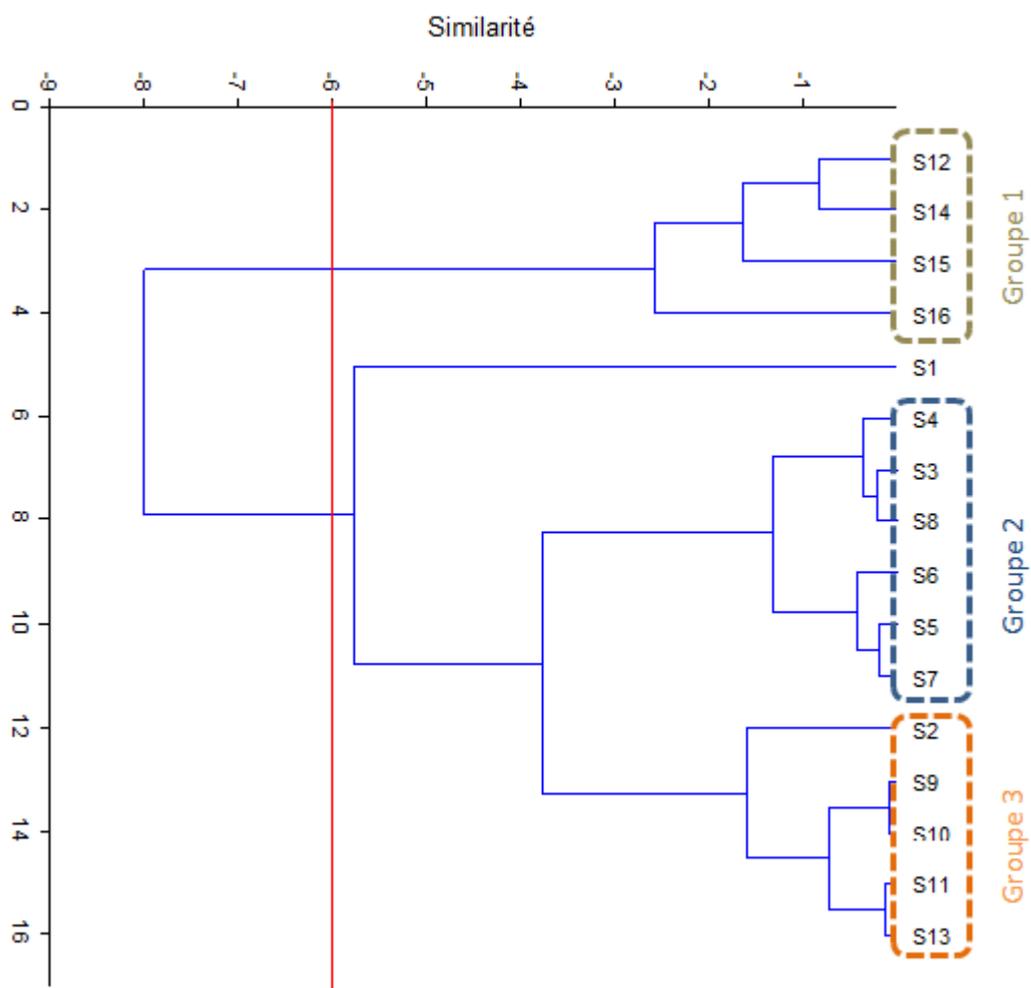
## APPENDICE C

Classification ascendante hiérarchique du taux d'infestation par ravageur



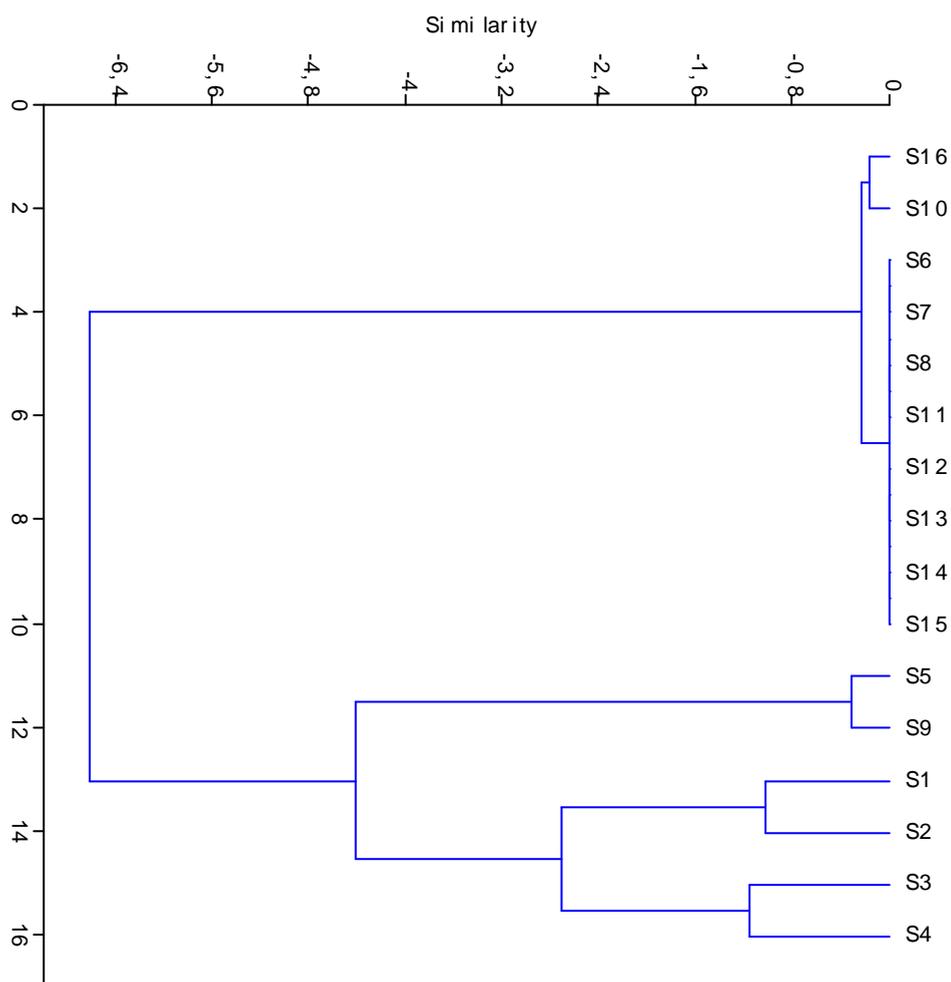
## APPENDICE D

Classification ascendante hiérarchique de la dynamique des formes larvaires chez la mineuse de la tomate



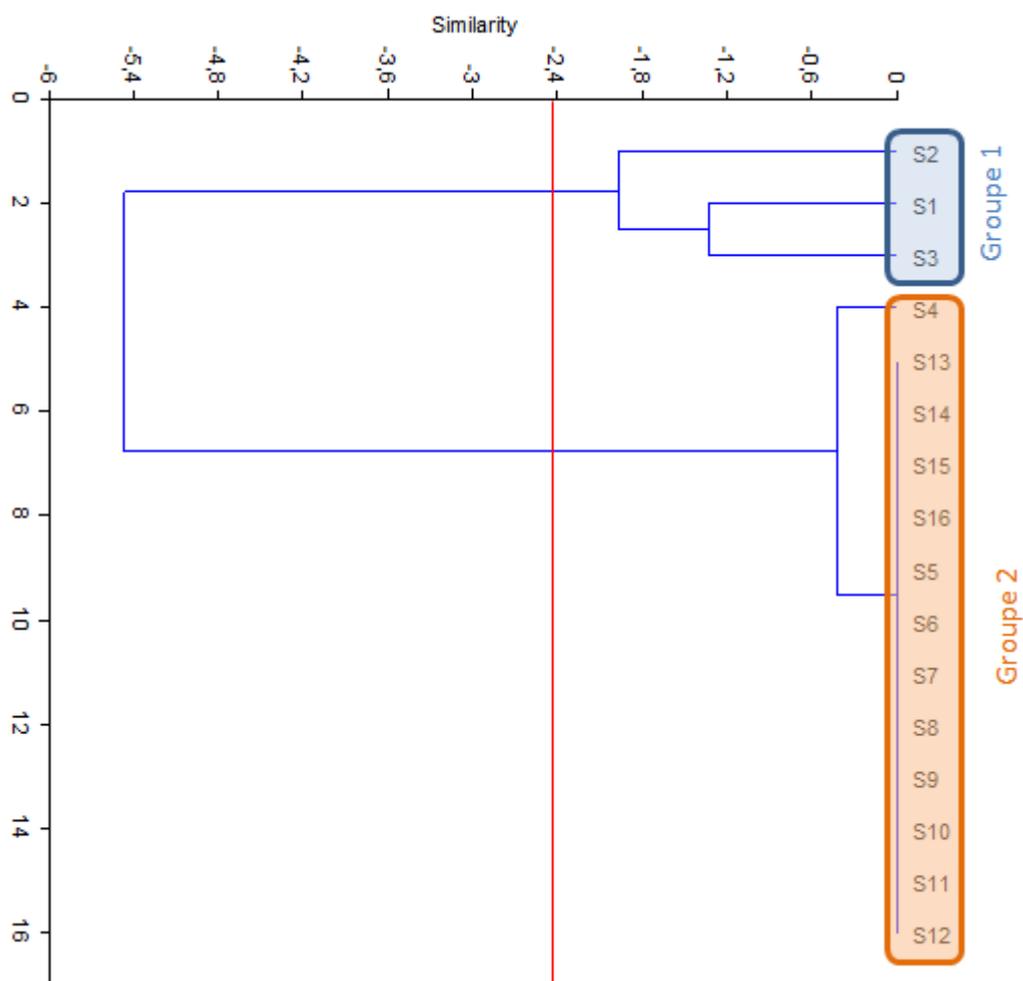
## APPENDICE E

Classification ascendante hiérarchique de la dynamique des formes larvaires chez la mouche mineuse



### APPENDICE F

Classification ascendante hiérarchique de la dynamique des formes larvaires chez les thrips



## APPENDICE G

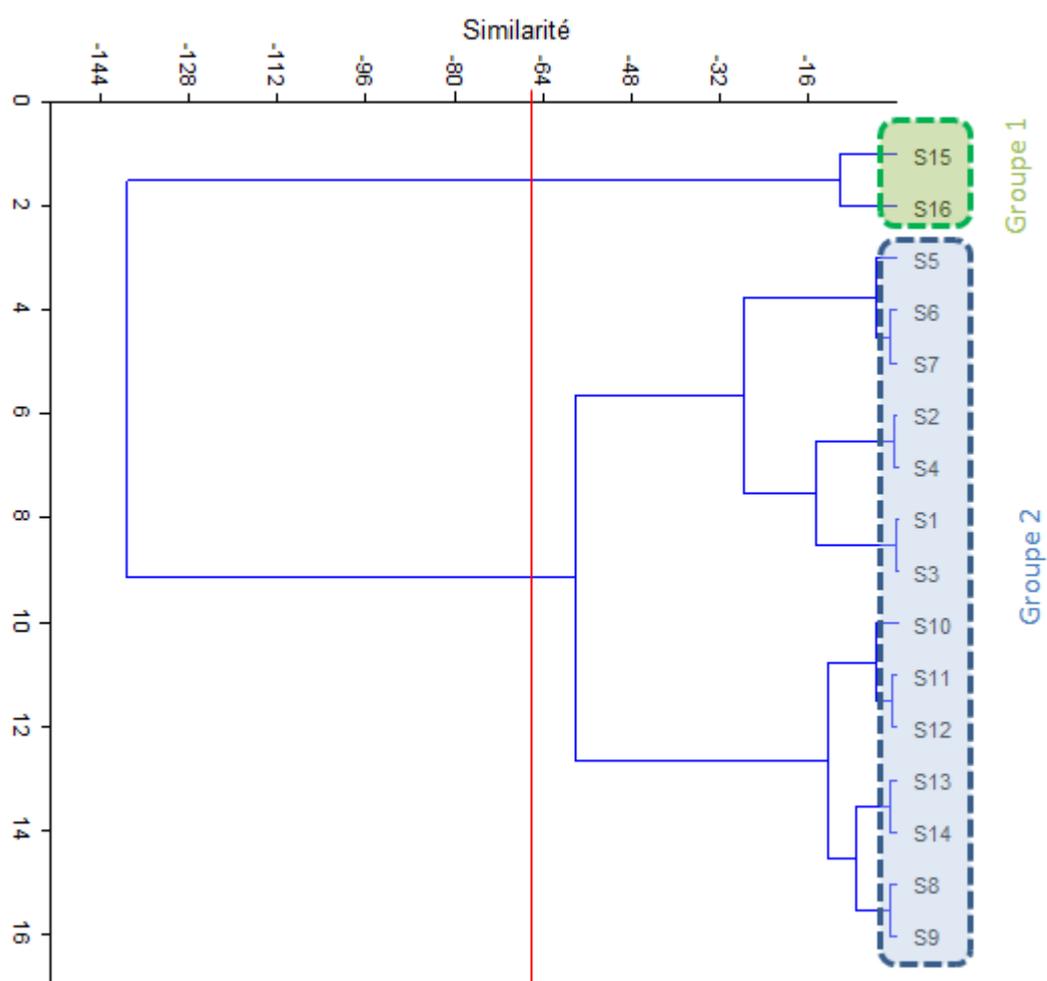
Niveau de risque d'infestation par les ailés sur la variété Kartier

Sortie	Date	NMP	Niveau de risque
S1	15/01/2012	19	Risque moyen
S2	22/01/2012	37	Risque élevé
S3	29/01/2012	66	Risque élevé
S4	12/02/2012	18	Risque moyen
S5	19/02/2012	31	Risque élevé
S6	29/02/2012	41	Risque élevé
S7	07/03/2012	18	Risque moyen
S8	14/03/2012	70	Risque élevé
S9	22/03/2012	80	Risque élevé
S10	28/03/2012	104	Risque extrême
S11	05/04/2012	115	Risque extrême
S12	11/04/2012	142	Risque extrême
S13	17/04/2012	151	Risque extrême
S14	17/05/2012	208	Risque extrême
S15	24/05/2012	225	Risque extrême

N.M.P. : Nombre de mâles piégés

## APPENDICE H

Classification ascendante hiérarchique du taux d'infestation de *Tuta absoluta* selon les étages



## REFÉRENCES BIBLIOLGRAPHIQUES

- 1- Mangold J.R., 1978. Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella sp* and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket, *Florida Entomol.* 61, 57-61.
- 2- Berenbaum M.R., 1995, The chemistry of defense: theory and practice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92, 2-8.
- 3- Vet L.E.M., Dicke M., 1992, Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annu. Rev. Entomol. 37, 141-172.
- 4- Harborne J.B., 1993. Introduction to chemical ecology, 4ème édition, Academic press, London, 317 p.
- 5- Dicke M., 2000, Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective, *Biochem. Syst.Ecol.* 28, 601-617.
- 6- Schoonhoven L.M., 1981, Chemical mediators between plants and phytophagous insects. In: Nordlund D.A., Jones R.L., Lewis W.J. Semiochemicals, Their role in pest control, J. Wiley & sons, New York, 31-50.
- 7- Lange W.H., et Bronson L., 1981, Insect Pests of Tomatoes, Annual Review of Entomology 26, p. 345-371.
- 8- Bacci L., 2006, Factors determining the attack of *Tuta absoluta* on tomato. Thèse Doctorat, Univ. Federale ; Viçosa, 110p.
- 9- Miranda M., Picanço M., Zanuncio J.C., et Guedes R.N.C., 1998, Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*), *Biocontrol. Sci. Techn.*, 8: 597-606.
- 10- Arno J., Sorribas R., Prat M., Montse M., Pozo C., Rodriguez D., Garetta A., Gomez A. et Gabarra R., 2009, *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. *IOBC/WPRS Bull.*, 49 :203-208.
- 11- Lebdi-Grissa K., Skander M., Mhafdhi R. et Belhadj R., 2010 , Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*). VII eme conférence Intern. Franc. Entomol., Louvain- La Neuve, 5-10.
- 12- Guendouz-Benrima A., Dridi B., Kheladi O. et Oudoud A., 2009 , Pullulation de la mineuse de la tomate sur les cultures maraîchères de la côte algéroise, Proceedings du Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires, vol.1, 9-11 novembre 2009, Marrakech, 95-103

- 13-Allal-Benfekih L., Bellatreche M., Bounaceur F. et Tail G., 2011, Analyse de l'infestation de *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) en fonction de l'évolution de la phénologie des plants de tomate sous serre. 1er Colloque National sur la santé végétale et Environnement, Mascara
- 14-Zaid R, 2010, Inventaire des ennemis naturels de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) et effet de son parasite *Diglyphus isaea* (Hymenoptera, Eulophidae) sur deux variétés de tomate dans les régions de Staoueli et Chéraga. these ing. Agro., univ blida. 113P
- 15-Oudouid A., 2009, Etude du Taux d'infestation, de la dynamique des populations et du complexe parasitaire de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) dans la région du littoral ouest algérois, Thèse Ing. Agro., univ blida , 73p
- 16-Badaoui M.I. et Berkani A., 2010. Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* Meyrick 1917 et *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lepidoptera: Gelechiidae). Entomologie faunistique , Faunistic Entomology 63(3), p. 191-194.
- 17-Leite G.L.D., Picanço M., Jham G.N. et Marquini F., 2004, Intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) attacks on *Lycopersicon esculentum* Mill. leaves. Ciência e Agrotecnologia 28(1), p. 42-48.
- 18-Santos dos A.C., Bueno R.C.O. de F., Vieira S.S. et Bueno A. de F., 2011, Efficacy of insecticides on *Tuta absoluta* (Meyrick) and other pests in pole tomato. BioAssay 6(4), p. 1-6.
- 19-Maluf WR., Campos GA et Cardoso MDG., 2001, Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. Euphytica 121: 73-80.
- 20-Azevedo s.m., Maluf w.r., Faria m.v., Oliveira a.c.b., Ribeiro c.a., Gonçalves-gervásio, r.c., Santacecília, I.v.C., 1999, Resistência à traça (*Tuta absoluta*) em genótipos de tomateiro com diferentes teores de sesquiterpenos nos folíolos. In: congresso brasileiro de olericultura, 39., Tubarão. Resumo. Tubarão: SOB, 38p.
- 21-Freitas J.A., Maluf W.R., Cardoso M.G., Gomes, L.A.A. et Bearzotti E., 2002 , Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. Euphytica, 127, 275–287.
- 22-Resende JTD de., Maluf WR., Cardoso MG., Faria MV., Gonçalves LD et Nascimento IR do., 2008, Resistance of tomato genotypes with high level of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard. Scientia Agricola 65(1); 31-35.

- 23-Jean-Philippe D., Pierre F., 2004. Protection des cultures et développement durable, bilan et perspectives, Courrier de l'environnement de l'INRA n°52, 9p.
- 24-Oerke e.c., Dehne h.w., 1997, Global crop production and the efficacy of crop protection. Current situation and future trends, Eur. J. Plant Pathol., 103, 203-215
- 25-Zadoks J.C., 1993, Crop Protection : Why and How. In D.J. CHADWICK and J. MARSH : *Crop Protection and Sustainable Agriculture*. J. Wiley et Sons, New York, 48-55
- 26-Savary., 1991, Stratégies de protection des cultures, Expertise scientifique collective "Pesticides, agriculture et environnement. 104p
- 27-Ferron P., 1999, Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application. *Cahiers Agricultures*, 8, 389-396.
- 28-Altner g., Baggiolini m., celli g., Schneider f., Steiner h., 1977, La protection intégrée, une technique d'appoint, conduisant à la production intégrée. *IOBC WPRS Bull./ Bull. OILB SROP*, 4, 118-129.
- 29-Lévêque c., Mounolou j.c., 2001. Biodiversité. Dynamique biologique et conservation. Dunod, Masson Sciences, Paris, 248 p.
- 30-Edwards C.A., 2002, Sustainable agricultural practices. In D. PIMENTEL : *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, 812-814.
- 31-Boller e.f., Avilla j., Gendrier j.p., Jörg e., Malavolta c., 1998. Integrated plant protection in annual crop systems. *IOBC wprs Bull./Bull. OILB srop*, 21(1), 19-22.
- 32-Klarzynski O., Fritig B., 2001, Stimulation des défenses naturelles des plantes. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie* 324 : 1-11.
- 33-Chester K., 1933, The problem of acquired physiological immunity in plants. *Q Rev Biol* 8 : 275-324
- 34-Kauffman Serge., Dorey Stéphan et Fritig Bernard., Les stratégies de défense des plantes extrait de *Pour la science*, 1999, n°262, p.30-37.
- 35-Guignard J-L., 1988, Abrégé de chimie végétale. Masson et Cie éditeurs, première édition, 1974. Les plantes se vaccinent extrait de *Science et Vie*, n°972, p.34.
- 36-Pinardn Elisabeth., 2001, ed. Nathan. Sciences de la Vie et de la Terre.

- 37-Guignard, J-L., 2000, Biochimie végétale. Dunod, deuxième édition.
- 38-Mihaela Calancea., 2008, Approche Générale et Efficace des Terpénoïdes Possédant le Squelette Bicyclo[5.3.0]décane : Synthèse de Sesquiterpènes (Aromadendranes, Guaianes et Tri-nor-guaianes) et Approche des Diterpènes, thèse de doctorat d'état, Univ. Grenoble, 165p
- 39-Qureshi N., Porter. J. W., 1981, In Biosynthesis of isoprenoid Compounds; Porter. J. W., Spurgeon. S. L. Eds ; Wiley : New York, Vol 1, pp 47-94
- 40-Cram D. G. et Mahmoud,G. S.,1968,Chimie organique.2ème edition. Quatheir-villars. pp : 918-930
- 41-Pegel KH., 1997, the importance of sitosterol and sitosterolin in human and animal nutrition.South Africa Journal of Science, 93: 263-268.
- 42-Valdés L.J.A., 1994, Salvia divinorum and the unique diterpene hallucinogen, Salvinorin (divinorin) , J. Psychoactive Drugs 26 : 277-283
- 43-Von Holtz RL., Fink CS., Awad AB., 1998, Beta-Sitosterol activates the sphingomyelin cycle and induces apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells. Nutr Cancer;32:8–12
- 44- Jones P.J., MacDougall DE., Ntanios F., Vanstone CA., 1997, Dietary phytosterols as cholesterol-lowering agents in humans, J Physiol Pharmacol. 75,217-27.
- 45- Law M.R.,2000, Plant sterol and stanol margarines and healt, West J Med; 173, 43-47
- 46-Awad AB., Fink CS, Williams H., Kim U.,2001, In vitro and in vivo (SCIDmice) effects of phytosterols on the growth and dissemination of human prostate cancer PC-3 cells. Eur J Cancer Prev ;10: 507–13
- 47-Awad AB., Chen YC., Fink CS., Hennessey T., 1996, beta-Sitosterol inhibits HT-29 human colon cancer cell growth and alters membrane lipids. Anticancer Res.;16:2797-804.
- 48-Kolev N., 1976, Les culture maraichères en Algérie : Légumes fruits. Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, T.1, 207 p.
- 49-Vernouillet M., 2007, Guide de l'enseignant de l'animation : Tomatocni, quand la tomate passe à table ! .Ed . L'Arche des Métiers, 24 p
- 50-Delorme D, 2004, Historique de la tomate .
- 51-GNIS, 2009. [www.gnis.fr](http://www.gnis.fr)

- 52-Laterrot H et Philouze J., 2003, Tomates. In Histoire de légumes des origines à l'orée du XXI siècle, INRA editions, Paris, France : 266-276.
- 53-Cabasson C ., Ben Akal Y., Hédiji H et Dominique R., 2008 , L'étude du métabolisme de la tomate par RMN du proton. Ed. INRA, 7p.
- 54-Shankara N., Joep Van Lidt J., Marja de Goffau, Martin H et Barbara V., 2005, La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Ed. Prota, 105 p
- 55-Zhang ZQ, 2003, Mites of greenhouses. Identification, Biology and Control. CABI, London
- 56-Pilkington LJ., Messelink G., van Lenteren JC et Le Motee C., 2009, "Protected biological control". Biological pest management in the greenhouse industry. Biological Control (Online First).
- 57-Van Lenteren JC., 2000, A greenhouse without pesticides: fact or fantasy ,Crop Protection 19: 375-384.
- 58-Calvert., 1965 , Flower initiation and development in the tomato. Ed. N. A. A. S. Quarterly, Rev.70, pp 79 - 88.
- 59-De Lannoy D., 2001, Legumes Tomato in Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles, DGCI, p.503-512
- 60-Anonyme., 1999, Conduite de la culture de la qualité de la tomate sous serre. INRA .
- 61-Rick, 1986, <http://www.brg.prd.fr/brg/pages/#p2>
- 62-Chibane A., 2010, Fiche Technique Tomate sous serre /maladies des plantes, agriculture et écologie. Ed. MADRPM/DPV/DH, 13
- 63-Nechadi S, Benddine F, Moumen A et Kheddami M., 2001, Tomato yellow leaf curl begomovirus (TYLCV). Ed. Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques, Ministère de l'Agriculture, 7 p.
- 64-Anonyme., 2012, Evolution de la production de la tomate en Algérie. Ed. Institut de développement des cultures maraichères ,MADR, 10 p.
- 65-Anonyme., 2008, L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM, FAO, 33 p.
- 66-Boukef M-K., 1986, Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisiennes, Agence de Coopération Culturelle et Technique, 350 p

- 67-Ake Assi et DO., 1985, Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Gabon, Agence de Coopération Culturelle et Technique, 294 p
- 68-Lombolely D., 2001, Les vertus des légumes, des fruits et des céréales, Marabout, Italie, 2001, p.127
- 69-Caburet A., Daly P., Debon H., Langais C., Lyannaz J-P., Ryckewant P., 2003, Les légumes. In Memento de l'Agronome, Paris-France, CIRAD-GRET, p.1023-1049.
- 70-Chibane A., 1999, Tomate sous serre, Bulletin: transfère de technologie en agriculture, n° 57. Ed. P.N.T.T.A. Rabat, 4p
- 71-Verolet J-F., 2001, Tomate : Fiche technique en agriculture biologique. Ed. A.D.A.B, 9 p
- 72-Doorenbos J., 1980, Réponse des cultures à l'eau. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage .pp 192-194.
- 73-Kennedy GG., 2003, Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the geis *Lycopersicon*. Annual Review of Entomology 48: 51-72.
- 74-Trottin-Caudal Y., Grassely D et Millot P., 1995, Maîtrise de la protection sanitaire – Tomate sous serre et abris. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, France.
- 75-Van Lenteren JC., 2000, A greenhouse without pesticides: fact or fantasy: Crop Protection 19: 375-384.
- 76-Van Lenteren JC, 2007, Internet Book of Biological Control. Disponible à : [www.IOBC-Global.org](http://www.IOBC-Global.org). Wageningen, Pays-Bas.
- 77-Van Lenteren JC., 2006, The area under biological control and IPM in greenhouses is much larger than we thought. Sting 29: 7.
- 78-Van der Blom J., Robledo A., Torres S., Sánchez J.A., Contreras M., 2008. Control biológico de plagas en almería: Revolución verde después de dos décadas. Phytoma 198, P:42-48
- 79-Van Leeuwen T., Vanholme B., van Pottelberge S, van Nieuwenhuyse P., Nauen R., Tirry L et Denholm I., 2008. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non mendelian inheritance in action. Proceedings of the National Academy of Sciences 105(16): 5980-5985.

- 80-Khajehali J., van Leeuwen T., Tirry L., 2009, Susceptibility of an organophosphate resistant strain of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) to mixtures of bifenthrin with organophosphate and carbamate insecticides. *Experimental and Applied Acarology* (Online First). doi:10.1007/s10493-009-9261-3
- 81-Johnson S.G. ,1990, Biology and predacious ability of *Amblyseius barkeri* (Hughes) and *A.cucumeris* (Oudemans)(*Acarina: Phytoseiidae*) , predator of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (*Thysanoptera: Thripidae*). M. Sc. Thesis. McGill University, 87 pp.
- 82-Allen W.R. et A.B. Broadbent.,1986, Transmission of tomato spotted wilt virus in Ontario greenhouses by *Frankliniella occidentalis*. *Can. J. Plant Pathol.* 8: 33-38.
- 83-Bournier A et J.P Bournier., 1887, L'introduction en France d'un nouveau ravageur: *Frankliniella occidentalis*. *Phytoma - Défense des cultures* 388: 15-17
- 84-Bennison, J.A., S. Hockland and R. Jacobsen., 1990, Recent developments with integrated control of thrips on cucumber in the United Kingdom. *SROPMIPRS Bulletin* 13: 19-26.
- 85-Cho, J.J., W.C. Mitchell., L. Ydin et L. Takayarna., 1984, Ecology and epidemiology of TSWV and its vectors, *Frankliniella occidentalis*. *Phytopathology* 74: 866.
- 86-German T.L., D.E. Ulmann et J.W. Moyer., 1992, Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phenology and vector relationships. *Annual Review of Phytopathology* 30, 31 5-348.
- 87-D'Aguilar J., Martinez M., 1979 , Sur la présence en France de *Liriomyza trifolii* Burgess (*Dipt., Agromyzidae*). *Bull Soc Ent France* ; 84 : 143-6.
- 88- Trouvé C., Martinez M., Philip M., Martin C., 1991, Un nouveau ravageur en Europe, la mouche mineuse sud-américaine. *Phytoma La Défense des Végétaux* ; 249 : 42-6.
- 89- Parrella MP., 1987, Biology of *Liriomyza*. *Ann Rev Entomol* ; 32 : 201-24
- 90-Zitter T A., Tsai JH., 1997, Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (*Dipt., Agromyzidae*). *Plant Disease Rep* ; 61 : 1025-9.
- 91-Anonyme., 2009, Agence pour la Protection et la Promotion du Littoral Algérois. <http://www.appl.dz>

- 92-Benddine F., 1991, Action du pirimor sur la bio-écologie d'*Aphis gossypii* Glover et contribution l'étude de la résistance variétale du melon (*Cucumis melo*) vis à vis d'*Aphis gossypii*, Thèse. Ing. Agro., INES., Blida, 61 p.
- 93-Dajoz R., 1985, Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505 p.
- 94-Mutin G., 1977 , la Mitidja décolonisation et espace géographique. Ed. OPU. Alger, 607 p.
- 95-Allache Farid., Houhou Mohamed Amine., Osmane Ismail., Naili Lamari et Demnati Fatma ., 2012, Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (*Gelichiidae*), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie) -Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 65, 149-155
- 96-Monserrat Delgado A., 2009 , Gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick. 13 p.
- 97-Hammer, O., D.A.T. Harper et P.D. Ryan., 2001, PAST version 1.37: Paleontological statistical software package for education and data analysis. Paleontol. Eletronica, 4: 9-9
- 98-Ter Braak, C. J. F., et I. C. Prentice., 1988, A theory of gradient analysis. Adv. Ecol. Res. 18:271-313.
- 99-Kolar, C.S. & Lodge, D.M., 2001, Progress in invasion biology: predicting invaders. Trends in Ecology et Evolution, 16, 199-204.
- 100-Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L., et Westbrooks R., 1996 , Biological invasions as global environmental change. American Scientist, 84, 468-478.
- 101-Williamson, M. et Fitter A., 1996, The varying success of invaders. Ecology, 77, 1661-1666.
- 102-Sakai A.K., Allendorf F.W., Holt J.S., Lodge D.M., Molofsky., J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O'Neil, P., Parker, I.M., Thompson, J.N., et Weller S.G. 2001., The population biology of invasive species. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 32, 305-332.
- 103-Leite G.L.D., Picanço M., Jham G.N. et marquini F., 2004 , intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Lepidoptera, Gelechiidae*) and *Lyriomyza spp.* (*Diptera, Agromyzidae*) attacks on *Lycopersicum esculentum* Mill. leaves. Ciênc. Agrotec., Lavras, 28, (1) : 42-48.

- 104-Linquist RK., 1974, Effect of leafminer larvae on yields of greenhouse tomatoes : a preliminary report. Ohio Agric Res Dev Cent Res Summ ; 73 : 25-9
- 105-Ledieu MS., Heyler N L., 1985, Observations on the economic importance of tomato leaf miner (*Liriomyza bryoniae*) (*Agromyzidae*). Agric Ecosystems Environ ; 13 : 103-9
- 106- Vercambre A., Thiery A., 1985, Lutte contre *Liriomyza trifolii* (Burgess) (*Dipt.*, *Agromyzidae*) dans le cas du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Acta Horticulturae Tropical Horticulture IX (Ninth African Horticulture Symposium) ; 153 : 267-72
- 107-Baily SF., 1933, A contribution to the knowledge of the western flower thrips, *Frankliniella californica* (Mouiton). J. Econ. Entomol. 28: 856-863.
- 108-Bibby F.F., 1958, Notes on thrips of Arizona. J. Econ. Entomol. 51: 450-452.
- 109-Broadbent, AB., W.R. Allen, and R.G. Footitt. 1987. The association of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (*Thysanoptera: Thripidae*) with greenhouse crops and the tomato spotted wilt virus in Ontario. Can. Entomol. 119: 501 -503.
- 110-Lowry, V.K., J.W. Smith et F.L. Mitchell., 1992, Life-fertility tables for *F. fusca* (Hinds) and *F. occidentalis* (Pergande) (*Thysanoptera: Thripidae*) on peanut. Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 744-754.
- 111-Germane., T.L., DE. Ulmann and Moyer J.W., 2003, Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phenology and vector relationships. Ann. Rev. Phytopathol. 30: 315-348.
- 112-Mac Arthur., R.H. et Wilson, E.O., 1967, The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton
- 113-Reznick D., Bryant M.J., et Bashey, F., 2002, r- and K-selection revisited: The role of population regulation in life-history evolution. Ecology, 83, 1509-1520.
- 114-Tilman D., 1994, Competition and biodiversity in spatially structured habitats. Ecology, 75, 2-16.
- 115-Lonsdale, W.M., 1999, Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. Ecology, 80, 1522-1536.
- 116-Simberloff D.S. et Wilson, E.O., 1970, Experimental zoogeography of islands - a two year record of colonization. Ecology, 51, 934-937.

- 117-Pimm S.L., 1987, Determining the effects of introduced species. *Trends in Ecology et Evolution*, 2, 106-108.
- 118-Byers J.E., 2000, Competition between two estuarine snails: implications for invasions of exotic species. *Ecology*, 81, 1225-1239.
- 119-Reitz S.R. et Trumble J.T., 2002, Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47, 435-465.
- 120-Petren, K. et Case, T.J., 1996, An experimental demonstration of exploitation competition in an ongoing invasion. *Ecology*, 77, 118-132.
- 121--Leite g. I. d., Picanço, m. Guedes, r. n. c.; Skowronski, I., 1999, Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon hirsutum* on the resistance to *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Ed. Dordrecht, v. 91, n. 2, p. 267-273
- 122-Oliveira I. R., 1999, Fatores que afetam a intensidade do ataque de *Liriomyza trifolii* (Burgess) ao repolho. Ed. Dissertação (Mestrado em Entomologia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 43p.
- 123-Lacordaire A.I et Feuvrier E., 2010, Tomate, traquer *Tuta absoluta*. (Phytoma la défense des végétaux n°632, dossier moyens alternatifs, mars 2010, 40-44.
- 124-Aroun M.E.F. et Lourdi Y., 2011, Contribution à l'étude écobioologique de *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*) sur une culture de tomate sous abri serre de la ferme pilote El Affroun (Mitidja centre, Algérie). *Agrobiologia*, numéro special, Ed. Lab. Biotech.prod.veg., juin 2011, Univ-Blida, Algérie, 55-67
- 125-Lourdi A., 2009, Contribution à l'étude écobioologique de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*) sur une culture de tomate sous abris serre de la ferme pilote El-Affroun, Thèse Ing. Agro., blida, 73p
- 126-Yasef K. et Bouzidi L., 2010, Approche d'une étude de lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*) sur une culture de tomate sous abri serre de la ferme pilote El Affroun. Thèse d'ing., d'Etat en agronomie, Univ.Blida, 105p
- 127-Bellatreche M., 2012, Bioecologie de *tuta absoluta* (*Lepidoptera*, *gelechiidae*) sur différentes variétés de tomate en serre et essai de lutte à l'aide de quelques extraits de plantes. Mémoire de magister. Univ. Blida. 142p
- 128-Potts S.F., 1938, The weight of foliage from different crown levels of trees and its relation to insect control. *Rev. J. Econ. Ent.*, n°31(5), pp:631-632.

- 129-Ridet J.M., 1972, Etude des conditions optimales d'élevage et d'alimentation de *Lymantria dispar* L. Rev. Ann. Soc. ent. Fr. (N.S.), n°8(3), pp : 653-668.
- 130-Hough J.A., Pimental D., 1978 , Influence of host foliage on development, survival and fecundity of the gypsy moth. Rev. Environ. Entomol., n°7(1), pp:97-10.
- 131-Raupp M.J., Werren J.H., Sadof C.S., 1988, Effect of short-term phenological changes in leaf suitability on the survivorship, growth, and development of gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*) larvae. Rev. Environ. Entomol., n°17(2), pp:316-319.
- 132-House, H. L., 1965, Insect nutrition (The physiology of insecta). Vol. I. Academic Press, New York. (ed. M. Rockstein) ,PP: 769-813.
- 133-Feeny, P. P. eds., I Wallace et R. Mansell., 1976 , Plant apparency and chemical defense. In "Biochemical interactions between plants and insects." Recent adv. Phytochem. 10: 1-40.
- 134-Lawrence R.K., Mattson W.J. et R.A. Haack., 1997, White spruce and the spruce budworm :defining the phenological window of susceptibility. Can Entomol. 129: 291-318.
- 135-Hunter A. F et S. Elkinton S., 2000 , Effects of synchrony with host plant on populations of spring-feeding lepidopteran. Ecology. 81(5):1248-1261.
- 136-Fraval A., 1989 , *Lymantria dispar* au Maroc. Ed. Actes Editions à Rabat, 220p.
- 137-Janiece J. ,1990 , Host specialization in phytophagous insects. Annual reviews of ecological systems. n°21, pp:243-273
- 138-FABRICIO D., 2008, Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oil of (Tunisian) *Chrysanthemum trifurcatum* (Desf.) Batt. and Trab. flowerheads. C.R.Chimie 11 : 324-330
- 139-Wiens J.A., 1977 , Competition and variable environments. American Scientist, 65, 590-597.
- 140-Connell, J.H., 1980, Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. Oikos, 35, 131-138.
- 141-Schoener, T.W., 1982, The controversy over interspecific competition. American Scientist, 70, 586-595.
- 142-Denno, R.F., McClure, M.S., et Ott, J.R., 1995, Interspecific interactions in phytophagous insects - competition reexamined and resurrected. Annual Review of Entomology, 40, 297-331.

- 143-Stewart, A.J.A., 1996 , Interspecific competition reinstated as an important force structuring insect herbivore communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 11, 233-234.
- 144-Grasse, P.P.,1952 , Biocoexrotique et phénomène social. Colloque international d'écologie, CNRS, Paris, 1950, 153-160.
- 145-Grison P.,1966 , Importance d'une approche interdisciplines Proceedings of the F.A.O. Symposium on integrated pest control, 3, 87-101.
- 146-Barrientos Z.R., Abaplaza H.J., Norero S.A. et Estay P.P.,1998 Temperatura base y constante termica de desarrollo de la polilla del tomate *Tuta absoluta* (*Lepidoptera, Gelechiidae*). *Ciencia Investigacion agraria*, 25 :133-137.
- 147-Malais M.H et Ravensberg, W.J., 2002, Kennen en herkennen; Levenswijzen van kasplagen en hun natuurlijke vijanden. Koppert, Berkel en Rodenrijs, 288 pp.
- 148-Margarid vieira M., 2009, Mineira do tomateiro.Une nova ameaça a produção de tomate. V Seminario Internacional do tomate d'Industria, Mora, 23p
- 149-Marcano., 2008, Antifeedant and Repellent effects of Pongam (*Pongamia pinnata*) and wild sage (*Lantana camara*) on tea mosquito bug (*Helopeltis Theivora*). *Indian J. Agricultural Sci.*, 68(5): 274-276.
- 150-Razuri, V. et E. Vargas., 1975, Biología e comportamiento de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) en tomatera. *Rev. Peruana Entomol.* 18: 84-89.
- 151-Mahdi K., Daoudi-Hacini S., Saharaoui S., Ababsia A., Aouamer F., Imaghazen F. et Doumandji S., 2010, Détermination du zéro de développement de la mineuse de la tomate (Meyrick). Journées Nat. Zool, agri. Forest., 19-21 avril 2010, dép. zool. Agro. For., Inst. Nat. Agro., El Harrach, p 103.
- 152-Harris, H.M.Tate H.D., 1933, A leafminer attacking the cultivated onion. *Journal of Economic Entomology* 26, 515-516.
- 153-Musgrave, C.A., Poe S.L. Weems H.V., 197,The vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard. *Entomology Circular*, Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services No. 162, pp. 1-4.

- 154-Leibee, G.L.,1982, Development of *Liriomyza trifolii* on celery. In: Proceedings of IFAS-Industry Conference on Biology and Control of *Liriomyza* leafminers, Lake Buéna Vista, Florida (Ed. By Schuster, D.J.), pp. 35-41.
- 155-Spencer K.A., 1973, Agromyzidae (Diptera) of economic importance (Series Entomologica No. 9), Junk, Den Haag, Pays-Bas. 418 pp.
- 156-Bryan,D.E. et Smith,R.F., 1956, The *Frankliniella occidentalis* complex in California. University of California, Publications in Entomology 10, 359-410.
- 157-Lublinkhof J. Foster, D.E., 2000, Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* reared at three temperatures. Journal of the Kansas Entomological Society 50, 313-316.
- 158-Huffaker C.B. et Gutierrez, A.P., 1999, Ecological Entomology. 2nd edn., John Wiley and Sons, New York.
- 159-Case T.J. et Gilpin M.E., 1974, Interference competition and niche theory. Proceedings of the National Academy of Science (USA), 71, 3073-3077.
- 160-Connell J.H., 1983, On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. American Naturalist, 122, 661-696.
- 161-Schoener T.W., 1983, Field experiments on interspecific competition. American Naturalist, 122, 240-285.