

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agro – Vétérinaires

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Amélioration des Productions Végétales

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA PRODUCTION
ET PROTECTION INTEGREE (PPI)
DE LA TOMATE MARAICHERE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)
SOUS – ABRIS**

**Lutte intégrée contre la mineuse de la Tomate
(*Tuta absoluta* Meyrick.)**

Par

Tewfik KESTALI

Devant le jury composé de :

S.A. SNOUSSI
M. BENCHABANE
Z.E. DJAZOULI.
H. BELKAHLA

Professeur, USD. de Blida
Maître de conférences, USD. de Blida
Maître de conférences, USD. de Blida
Professeur, USD. de Blida

Président
Examineur
Examineur
Rapporteur

Blida, Mars 2011

RESUME

La Production et la Protection Intégrée (PPI) signifie : « système de production et de lutte contre les maladies et parasites qui utilise un ensemble de méthodes en accord avec les exigences économiques, écologiques et toxicologiques, en donnant la priorité aux facteurs naturels de limitation et aux seuils de nuisibilité économique ».

L'objectif sera donc de produire de façon économiquement viable et respectueuse de l'environnement, étant donné les problèmes de résistance, de coûts des traitements, de santé publique et de déséquilibre de l'environnement engendrés par l'utilisation abusive des pesticides de synthèse et des engrais chimiques. Il apparaît indispensable de développer des techniques de production et de protection dites « alternatives » contre les principaux ravageurs et maladies de la tomate.

La production intégrée diffère de l'agriculture conventionnelle, fondée sur la seule optimisation des méthodes classiques de production. En agriculture intégrée, les agriculteurs ne traitent que s'il le faut, au bon moment et avec une dose adaptée.

En production intégrée, l'utilisation de techniques alternatives (variétés résistantes, paillage plastique, hors sol, rotation des cultures, fertigation, etc.) est recherchée car ces méthodes peuvent être aussi efficaces d'un point de vue agronomique tout en étant plus respectueuses de l'environnement. La production intégrée se distingue aussi de l'agriculture biologique car elle n'abandonne pas les méthodes chimiques lorsqu'elles ne posent pas de problèmes scientifiquement démontrés pour la sécurité alimentaire et pour l'environnement. Comme son nom l'indique, la production et la protection intégrée « intègre » tous ces éléments.

La production et la protection intégrée, si elles ne suppriment pas totalement le recours aux pesticides de synthèse, réduisent fortement leur utilisation. La production et la protection emploient les pesticides en dernier recours, après avoir mis en œuvre d'autres techniques culturales et de lutte contre les nuisibles.

Mots clés : Production et Protection Intégrée (PPI), multi chapelle, tomate, lutte intégrée, *Tuta absoluta*, piège à phéromone, piège lumineux, piégeage de masse.

ملخص

الإنتاج و الحماية المندرجة (PPI) تعني نظام الإنتاج و المكافحة ضد الأمراض و الطفيليات التي تستعمل مجموع الطرق بالتوافق مع المتطلبات الاقتصادية الإيكولوجية و هذا بإعطاء الأولوية للعوامل الطبيعية المحددة لمستوى الضرر الاقتصادي.

الهدف يكون بإنتاج بوجه اقتصادي حقيقي و محترم للطبيعة، و هذا لتفادي مشاكل المقاومة، التكلفة العلاجية، الصحة العمومية و التوازن البيئي الذي يسبب عن طريق استعمال المفرط و القوي للمبيدات الفلاحية و الأسمدة الكيماوية و هذا بين اللامسؤولية في تطوير تقنيات الإنتاج و الحماية "المتداولة" ضد الآفات و الأمراض الأساسية للزراعات.

الحماية المندرجة بالنسبة للفلاحة الاتفاقية المؤسسية على الطريقة الوحيدة الكلاسيكية في الزراعة المندرجة، الفلاحين لا يقومون بالمعالجة الصحية حتى إن اقتضت الضرورة و في الوقت المناسب مع الكمية الملائمة.

في الإنتاج المندرج، استعمال التقنيات المتداولة(أصناف مقاومة، مكافحة بيولوجية، منطقة التوازن البيئي....الخ) مبحوث عنها فان هذه الطرق قد تكون فعالة من جهة نظر فلاحية، و تكون محترمة للبيئة، الإنتاج المندرج يبين أيضا للفلاحة البيولوجية فان لا يهمل الطريقة الكيميائية إذا كانت لا تطرح مشاكل علمية الخاصة بالصحة الغذائية و البيئية ، حسب ما يحدده الإنتاج و الحماية المندرجة و كل ما يلحقه.

نطبق ما هو أحسن بالنسبة للبيئة، للمستهلك و للفلاح. إن الإنتاج و الحماية المندرجة إذا لم تقض كليا بالنسبة لطعن المواد الفلاحية و الأدوية التحليلية ، تنقص بقوة استعمالها.

إن الإنتاج و الحماية المندرجة (PPI) يستعمل المبيدات الفلاحية في المقام الأخير بعد وضع بعض التقنيات الفلاحية و المكافحة ضد الأمراض و الطفيليات (nuisibles).

كلمات المفتاح: الإنتاج و الحماية المندرجة(PPI) ، متعددة القرب، طماطم، حماية المندرجة، توتا أبسوليتا (Tuta absoluta) ، شبكة الهرمونات ، شبكة المضيفة ، شبكة الكتلة

ABSTRACT

The Integrate Production and Protection (PPI) means : a system of production and struggle against the diseases and parasites that use a whole of methods with the economical , ecological and toxicological requirements giving the priority to natural factors of limitation and to the thresholds of economic harmfulness.

The objective is to produce in a way which is economically viable and which respect the environment, the problems of resistance, coast of treatments, public heath and the environment embalancement due to the improper use of synthesis pesticides and chemical fertilizers.

It seems necessary to develop the techniques of production and protection called «alternatives» against the principal ravagers and diseases of tomato.

The integrate production is very different from the conventional agriculture founded on the only optimisation of the classical methods of production. In the integrate agriculture, agricultors don't do what it needs on the right time and with an adapted dose. In the integrate production, the use of alternative techniques (strong varieties, biological strunggle, zone of ecological compensation...) is researched because these methods could be efficient on an agronomical point of view and respect the environment. The integrate production is also seen from the biological agriculture because it cause problems shown by science for food security and for the environment.

The integrate production and protection integrate all its elements. We apply what is the best for the environment, the consumer and the agricultor. If the integrate production and protection doesn't omit the recourse for the synthesis pesticides, it will reduce it use. The integrate production and protection (PPI) use the pesticides in the last recourse after using other cultural techniques and those for struggle against the harmful.

Key-Words: Integrate Production and Protection (PPI), multi chapelle, Tomato, integrated fight, *Tuta absoluta*, trap with pheromone, luminous trap, earth trap

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI), dans le cadre du projet algéro - belge (AL 103) entre l'ITCMI et l'Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE) sous la direction de Mlle Sophie BAIRE (Coopérante APEFE), je tiens à lui exprimer mes sincères remerciements et toute ma gratitude pour avoir accepté de m'accueillir au sein de son équipe et pour les conseils et l'intérêt accordé à ce travail.

Je remercie également Mme BELKAHLA. H. pour avoir accepté de m'encadrer, pour son aide et ses conseils apportés au cours de la réalisation de ce travail.

Mes respectueux remerciements à Mr BENCHABANE.M. Et Mr DJAZOULI.Z.E. qui ont bien voulu faire partie du jury. Ainsi, Mr SNOUSSI S.A. président de jury.

J'adresse également mes remerciements à Mr MOUMEN.K. Directeur Général de l'I.N.P.V pour son aide et ses conseils, également mes remerciements à Mme AMIROUCHE. F (Ingénieur ITCMI), KACI .A. (Technicien en Informatique) et tous mes amis et mes collègues qui mon soutenu de loin ou de prêt tout au long de ce travail.

TABLE DES MATIERES

RESUME.	
REMERCIEMENTS.	
TABLE DES MATIERES.	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX.	
INTRODUCTION.	16

PREMIERE PARTIE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

1.	Importance de la plasticulture en Algérie	21
2.	Situation actuelle	22
2.1.	Phénomènes de résistance	23
2.2.	Impact sur l'environnement	24

CHAPITRE I

CONCEPT DE LA PRODUCTION ET PROTECTION INTEGREE (PPI). Stratégies alternatives et développement durable

1.1.	Introduction	26
1.2.	Concept de la Production Intégrée	26
1.2.1.	Principes généraux de la production intégrée	28
1.3.	Concept de la Protection Intégrée	32
1.3.1.	Lutte intégrée	32
1.3.2.	Etapes d'adoption de la protection intégrée	33
1.3.3.	Différentes méthodes alternatives de la protection intégrée	35
1.3.3.1.	Méthode prophylactique.	35
1.3.3.2.	Méthode biotechnique	37
1.3.3.3.	Méthode physique	39
1.3.3.4.	Méthode biophysique.	41
1.3.3.5.	Méthode biotechnologique	41
1.3.3.5.1.	Différents bio pesticides	42
1.3.3.6.	Méthode biologique	43
1.3.3.7.	Méthode chimique raisonnée	43

CHAPITRE II

MALADIES ET RAVAGEURS DE LA TOMATE SOUS ABRIS

2.1. Introduction	46
2.2. Maladies et ravageurs de la tomate sous abris	47
2.2.1. Maladies d'origines telluriques	48
2.2.1.1. Principaux pathogènes telluriques de la tomate	48
2.2.2. Maladies d'origines non telluriques	50
2.2.2.1. Mildiou (<i>Phytophthora infestans</i> Mont de Bary)	50
2.2.2.2. Pourriture grise (<i>Botrytis cinerea</i> Pers)	51
2.2.2.3. Oïdium (<i>Leveillula taurica</i>)	52
2.2.2.4. Alternariose (<i>Alternaria solani</i> Ell et Mart.)	52
2.2.2.5. Cladosporiose (<i>Fulvia fulva</i> Cooke)	53
2.2.3. Maladies bactériennes	53
2.2.3.1. Moucheture de la tomate (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tomato</i> Okabe)	53
2.2.3.2. Gale bactérienne (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> Diodge)	54
2.2.3.3. Moelle noire (<i>Pseudomonas corrugata</i> Roberts et Scarlette)	54
2.2.3.4. Chancre bactérien (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> David)	54
2.2.4. Maladies virales	55
2.2.4.1. Virus des feuilles jaunes en cuillère (TYLCV) Tomato Yellow Leaf Curl Virus	55
2.2.4.2. Virus de la mosaïque du concombre (CMV)	55
2.2.4.3. Virus de la mosaïque du tabac (TMV) et le virus de la mosaïque de la tomate (TOMV)	56
2.2.4.4. Virus Y de la pomme de terre (PVY)	56
2.2.5. Ravageurs	56
2.2.5.1. Aleurodes	56
2.2.5.1.1. Reconnaissance et éléments biologiques	58
2.2.5.2. Mouches Mineuses	58
2.2.5.3. Pucerons	59
2.2.5.4. Acariens	61
2.2.5.5. Thrips	61
2.2.5.6. Mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	62
2.2.5.6.1. Reconnaissance et éléments biologiques	64

CHAPITRE III

APPORT DE LA METEOROLOGIE DANS LE SYSTEME DE PRODUCTION ET PROTECTION INTEGREE

3.1. Introduction	67
3.2. Gestion climatique	68
3.2.1. Contrôle des éléments météorologiques	68
3.3. Eléments météorologiques	70
3.3.1. Température.	71
3.3.2. Humidité	71
3.3.3. Rayonnement	72
3.4. Interaction entre température – humidité	73
3.5. Données liées à la plante cultivée	73
3.6. Relations entre les maladies et les éléments météorologiques	74
3.7. Effets de l'environnement sur les relations hôte – pathogène	74

DEUXIEME PARTIE EXPERIMENTATION

1. Objectifs de notre travail	76
-------------------------------	----

CHAPITRE IV

GESTION DE LA PRODUCTION INTEGREE (Lutte culturale)

4.1. Introduction	78
4.2. Matériel et Méthodes	79
4.2.1. Matériel végétal	79
4.2.1.1. Choix des variétés	79
4.2.2. Méthodes.	80
4.2.2.1. Choix et préparation du sol	82
4.2.2.2. Traitement du sol	82
4.2.2.3. Semis et élevage des plants	83
4.2.2.4. Entretien de la pépinière	84
4.2.2.5. Plantation	84
4.2.2.6. Densité de plantation	85
4.2.2.7. Entretien de la culture.	86
4.2.2.7.1. Effeillage	87
4.2.2.7.2. Ebourgeonnage	88
4.2.2.8. Fertilisation d'entretien	88
4.2.2.9. Irrigation	90
4.3. Résultats et interprétation	91
4.4. Conclusion	93

CHAPITRE VII

LUTTE INTEGREE CONTRE LA MINEUSE DE LA TOMATE

(*Tuta absoluta* Meyrick.)

7.1. Introduction	119
7.2. Différents pièges et contrôle (monitoring)	121
7.2.1. Matériel et méthodes	121
7.2.1.1. Mise en place des pièges	121
7.2.2. Résultats et discussion	124
7.3. Lutte par piégeage de masse	131
7.3.1. Matériel et méthodes	131
7.3.2. Résultats et discussion	134
7.4. Nouvelle stratégie de lutte contre <i>Tuta absoluta</i> . (Lutte biophysique)	139
7.4.1. Matériel et méthodes	139
7.4.2. Résultats et discussion	143
7.5. Conclusion	151
7.6. Recommandations	154
7.7. Production	155

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

ANNEXES

GLOSSAIRE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

1. Liste des Tableaux

Tableau 1 : Importance de la culture de la tomate en Algérie	21
Tableau 1.1: Délai minimal pour un retour de plante à un même pathogène sur un même sol [24]	29
Tableau 1.2 : Liste des Matières Actives Homologuées en Algérie pouvant être utilisée pour la Production et la Protection Intégrée (PPI)	45
Tableau 2.1: Importance des ravageurs et maladies de la tomate sous abris rencontrés durant la campagne 2008/2009 au niveau de la station expérimentale de staoueli (ITCMI)	47
Tableau 2.2 : Classification de l'Aleurode d'après RYCKEWAERT [75]	57
Tableau 2.3 : Durée de développement (en jours) de <i>Tuta absoluta</i> de l'œuf à l'émergence de l'adulte [94]	63
Tableau 4.1 : Caractéristiques des trois variétés	80
Tableau 5.1: Conditions climatiques favorables au développement de la tomate [105]	96
Tableau 5.2: Conditions climatiques favorables au développement des ravageurs	97
Tableau 5.3 : Conditions climatiques favorables au développement des maladies fongiques	97
Tableau 5.4 : Evaluation du niveau de risque du développement des maladies (a) par jour (b) par rapport à l'humidité relative (c)	102
Tableau 5.5: Les moyennes (a) hebdomadaires des températures et de l'humidité relative	104
Tableau 6.1 : Différents ravageurs et maladies rencontrés et méthodes de protection	116
Tableau 6.2 : Différents traitements réalisés	117
Tableau 7.1 : Risque d'attaque en fonction du nombre de mâles capturés /piège /semaine [123]	124
Tableau 7.2 : Nombre de capture des adultes de la mineuse / piège / semaine (1 à 8)	125
Tableau 7.3 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (1 à 8)	127

Tableau 7.4 : Evaluation du niveau de risque par semaine dans les pièges à phéromone et les pièges lumineux (1 à 8)	129
Tableau 7.5 : Nombre de capture des adultes de la mineuse par piège/semaine (9 à 11) (Piégeage de masse.1.)	134
Tableau 7.6 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (9 à 11)	136
Tableau 7.7 : Evaluation du niveau de risque d'attaque en fonction du nombre d'adultes capturés/ semaine (9 à 11) selon l'échelle de MONSERRAT	137
Tableau 7.8 : Risque d'attaque en fonction du nombre d'adultes capturés /piège lumineux / semaine (Cas d'utilisation des pièges lumineux avec phéromone)	142
Tableau 7.9 : Grille d'estimation des dégâts sur les plantes en fonction de la fréquence d'attaque sur l'ensemble de la culture [98]	142
Tableau 7.10 : Nombre de capture des adultes de la mineuse / Piège / Semaine (12 à 22) (Piégeage de mase .2.)	143
Tableau 7.11 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (12 à 22)	145
Tableau 7.12 : Evaluation du niveau de risque par les pièges à phéromone et par les pièges lumineux associé avec phéromone (12 à 22)	147
Tableau7.13 : Comparaison du niveau de risque selon les deux échelles d'évaluation de la semaine 1 à la semaine 22	150

2. Liste des Figures

Figure 2.1: <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Originale, 2010)	66
Figure 2.2: Galeries sur feuilles (Originale, 2010)	66
Figure 2. 3: Galeries sur fruits (Originale, 2010)	66
Figure 1: Serre multi chapelle (Originale, 2010)	76
Figure 4.1: Dispositif expérimental	81
Figure 4.2: Bandes d'enfouissement de la matière organique et de l'engrais de fond. (Originale, 2010)	82
Figure 4.3: Pépinière (Semis et élevage des plants). (Originale, 2010)	84
Figure 4.4 : jeunes plants (Originale, 2010)	85
Figure 4.5 : Plantation Hors sol (Originale, 2010)	86
Figure 4.6: Paillage plastique (Originale, 2010)	86
Figure 4.7: Palissage (Originale, 2010)	87
Figure 4.8: Effeillage (Originale, 2010)	88
Figure 4.9: Pompe doseuse type Dosatron (Originale, 2010)	89
Figure 4.10: Goutteur (Originale, 2010)	90
Figure 4.11: Fertigation (Originale, 2009)	91
Figure 4.12: Développement de la tomate (Originale, 2010)	92
Figure 4.13: Bouquet bien équilibrée à plusieurs fruits (Originale, 2010)	92
Figure 4.14: Nouaison homogène (Originale, 2010)	92
Figure 4.15: La plante à une charge en fruit maximale (Originale, 2010)	92
Figure 5.1: Thermomètre (Mini et Maxi) et Hygrographe (Originale, 2010)	94
Figure 5.2 : Extracteur d'air (Originale, 2010)	95
Figure 5.3 : Ombrière (Ecran thermique) (Originale, 2010)	95
Figure 5.4 : Ouverture latérale (Originale, 2010)	95
Figure 5.5 : Brumisateur (Originale, 2010)	95
Figure 5.6 : Tableau de contrôle (Originale, 2010)	95
Figure 5.7 : Ecran d'affichage (Température et Humidité) (Originale, 2010)	95
Figure 5.8 : Date de plantation : 15/12/2009 Stade phénologique : 1 ^{er} bouquet (Originale, 2010)	99

Figure 5.9 : Date de plantation : 10/01/1010 Stade phénologique : Grossissement des fruits. (Originale, 2010)	100
Figure 5.10: Moyenne des températures et de l'humidité relative par semaine.	104
Figure 6.1: Filet insect proof (Original, 2010)	108
Figure 6.2 : Pédiluve (Originale, 2010)	109
Figure 6.3 : Plaquettes jaunes et bleues engluées (Originale, 2010)	109
Figure 6.4 : Panneaux jaunes englués (Originale, 2010)	110
Figure 6.5 : Glu utilisé (Originale, 2010)	111
Figure 6.6 : Adulte de Chrysope (Auxiliaire) (Originale 2010)	111
Figure 6.7 : Botrytis sur fruit (Originale, 2010)	115
Figure 6.8 : Botrytis sur feuille (Originale, 2010)	115
Figure 6.9 : Botrytis sur tige (Originale, 2010)	115
Figure 7.1 : Panneau jaune englué avec phéromone suspendu (Originale, 2010)	121
Figure 7.2 : Piège Delta (Originale, 2010)	122
Figure 7.3 : Piège à eau (bassine) (Originale, 2010)	122
Figure 7.4 : Piège lumineux non appâté (Originale, 2010)	123
Figure 7.5: Evolution du nombre d'adulte capturé / piège / semain (1 à 8)	126
Figure 7.6 : Nombre total de capture /piège (8 semaines) (1 à 8)	128
Figure 7.7 : Evolution du niveau de risque /piège / semaine (1 à 8)	130
Figure 7.8 : Deux mâles et une femelle de <i>Tuta absolutif</i> (Originale, 2010)	131
Figure 7.9 : Dispositif expérimental (1) .Piégeage de masse de la mineuse de la tomate (<i>Tuta absoluta</i>) sur surface cultivée	132
Figure 7.10 : Evolution du nombre d'adulte capturé / piège / semaine (9 à 11)	135
Figure 7.11: Nombre total de capture / piège (3 semaines) (9 à 11)	137
Figure 7.12: Evolution du niveau de risque / piège/ semaine (9 à 11)	138
Figure 7.13 : Dispositif expérimental (2). Piégeage de masse de la mineuse de la tomate (<i>Tuta absoluta</i>) sur surface cultivée	140

Figure 7.14: Piège lumineux appâté par une phéromone (Originale, 2010)	141
Figure 7.15: Evolution du nombre d'adulte capturé /piège /semaine (12 à 22)	144
Figure 7.16: Nombre total de capture / piège (11 semaines) (12 à 22)	146
Figure 7.17: Evolution du niveau de risque /piège/ semaine (12 à 22)	148
Figure 7.18: Production par plant / variété	156
Figure 7.19: Bourdon pollinisateur (Originale, 2010).	159

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis longtemps, on s'est beaucoup intéressé à l'agriculture intégrée où l'on s'efforce de réduire les intrants (les engrais, les combustibles fossiles et les produits phytosanitaires issus de la chimie [1]).

La « lutte intégrée » s'est enrichie récemment par la « protection intégrée ». Cette fois-ci, il s'agit d'élargir cette approche « multicritères » à la protection contre l'ensemble des bio agresseurs des productions végétales (arthropodes, pathogènes aériens et telluriques, mauvaises herbes, etc.). Dans ce contexte, la protection des cultures ne peut pas être considérée indépendamment des itinéraires techniques, ni des critères socio-économiques qui sous-tendent les décisions des agriculteurs, rejoignant ainsi le concept de « production intégrée » [2].

La notion de développement durable rassemble autour d'elle un large consensus puisqu'elle suppose la prise en considération de la protection de l'environnement, dans le cadre de développement économique moins consommateur de ressources naturelles, plus équitable et soucieux de long terme [3]. Pour être durable et soutenable, le développement doit être écologiquement sain, socialement équitable, et économiquement viable [4].

Une enquête était réalisée au cours de l'année 2008, nous a permis d'évaluer la situation du système de production et de protection intégrée des cultures maraîchères dans trois régions différentes (Sud, Nord et Ouest). Elle était réalisée dans des exploitations serristes des wilayas d'Oran, Mostaganem, Tipaza et Biskra par Sophie BAIRE (Coopérant APEFE et responsable du projet) et l'ensemble de l'équipe du projet.

Les serristes interrogés possèdent majoritairement des serres tunnels, seuls quelques exploitants ont investi récemment dans les serres multi chapelles (11,1 %). Les équipements spécifiques que possèdent les exploitants sont limités qu'au système goutte à goutte, aux pulvérisateurs à dos et parfois à l'installation du filet insect proof. Il faut également mentionner que 22,2 % des personnes n'ont aucun équipement particulier et que 44,4% ne connaissent pas d'autres équipements, seulement 55,6% peuvent citer d'autres équipements tels que la fertigation, le paillage mécanisé et l'irrigation par le goutte à goutte.

Pour les trois régions, l'aération des serres tunnels se pratique essentiellement par l'ouverture des portes et lors des chaleurs plus importantes par écartement du plastique sur les parois latérales.

La majorité des exploitants rencontrent des problèmes avec le sol avant et pendant la culture dus principalement aux maladies, insectes, nématodes, pH élevé, humidité, mauvaises herbes (orobanche), carences en éléments minéraux, inondations, érosions, manque de matière organique. Personne ne pratique la solarisation, les analyses de l'eau et du sol. La désinfection du sol s'effectue essentiellement avec les produits chimiques (Mocap, DD fumigant et Métam-Sodium).

Très peu d'exploitants serristes connaissent la culture hors sol, mais la trouve coûteuse, ne maîtrisent pas la technique et pensent qu'il y a suffisamment de sol disponible, à moins de l'appliquer dans les serres multi chapelles où le climat est contrôlé.

Le système de rotation des cultures n'est que très peu appliqué, ceux qui l'appliquent alternent uniquement les solanacées avec les cucurbitacées sachant malgré l'intérêt que peut porter cette technique.

Pour la région de Biskra, il n'est pas nécessaire d'appliquer la rotation, car les serres tunnels sont déplacées tous les 2 ou 3 ans, voire même tous les ans.

La méthode de greffage n'est pas appliquée dans les trois régions, ils ne la connaissent pas et par conséquent ne l'appliquent pas. 100% des personnes désherbent pendant la culture autant que nécessaire, au fur et à mesure ou en fonction des besoins. Le paillage plastique est essentiellement utilisé dans la région de Tipaza.

Pour les maladies et ravageurs, le mildiou est la maladie la plus connue et la plus importante pour la région de Biskra et Tipaza. Les agriculteurs ne différencient pas les dégâts causés par une maladie ou un ravageur, seuls 53% des exploitants sont aptes à le faire. Il leur est facile de citer une maladie, voire deux mais leurs connaissances restent limitées car ils donnent souvent le nom mais n'arrivent pas à décrire les symptômes.

Pour les régions de Biskra et Tipaza, la mouche blanche et la mineuse (*Tuta absoluta*) restent les premiers ravageurs mentionnés par les serristes. Pour la région de l'Ouest, les acariens sont les principaux ravageurs. Les ravageurs les plus connus sont les mouches blanches, la mineuse, les acariens, les pucerons et les vers gris. Les autres restent peu ou mal identifiés.

Pour les traitements, les exploitants ne se réfèrent qu'aux noms commerciaux des pesticides d'où l'utilisation consécutive d'une même matière active, ils ne différencient pas le mode d'action : contact et systémique, ignorent les notions de rémanence ou persistance d'action (la durée pendant laquelle le produit reste actif), elles ne sont connues que par une minorité des agriculteurs de Tipaza et Biskra mais, elle reste incomprise pour les agriculteurs de la région de l'Ouest. La notion de Limite Maximale de Résidu (LMR) est presque inconnue, quand à la notion de délais avant récolte est partiellement suivie par les agriculteurs.

Pour le choix des pesticides à utiliser, 66,7% des agriculteurs de la région de Biskra demandent conseil aux grainetiers. Pour les deux autres régions respectivement 38,5% et 85,5% déterminent eux-mêmes les maladies / ravageurs et achètent ensuite le produit. 66,7% des personnes font confiance à leurs grainetiers. Pour la quantité du pesticide à utiliser, les deux autres régions suivent les instructions qu'ils trouvent dans les notices des produits. La majorité des producteurs mentionnent que si le produit n'est pas efficace, ils augmenteront la dose ou traiteront à nouveau au bout de 3-4 jours (voire tous les jours si nécessaire).

Concernant l'utilisation des produits phytosanitaires périmés, 11,1% et 28,6% des agriculteurs interrogés respectivement dans les régions de Biskra et de Tipaza, nous ont affirmés en utiliser afin de ne pas perdre de produits. Ils testent leur efficacité et si, le produit à moins d'effet, ils achètent alors des nouveaux pesticides. Dans la région de Biskra, le grainetier a une très grande importance car les exploitants se réfèrent beaucoup à ses conseils malgré le fait que celui-ci ne soit pas toujours le plus compétent pour déterminer la maladie ou le ravageur.

La plupart des exploitants serristes ne connaissent pas la notion de Production et Protection Intégrée (PPI). Seul 11,1% des agriculteurs de la région de Biskra peuvent expliquer qu'il s'agit d'une méthode qui utilise la lutte biologique, chimique, des techniques culturales et mécaniques différentes. Tous les agriculteurs interrogés sont intéressés pour apprendre une nouvelle méthode de production.

Il est à noter que suivant les régions, les raisons varient. Pour Biskra, l'amélioration des rendements et de la production prédomine ; pour la région de l'Ouest, le développement et l'apprentissage de nouvelles techniques importent plus tandis que pour la région de Tipaza, les agriculteurs souhaiteraient acquérir et utiliser des serres multi chapelles. Les agriculteurs des trois régions mentionnent qu'ils connaissent la notion d'auxiliaire. Ils donnent majoritairement l'exemple de la coccinelle ou expliquent que ce sont des insectes qui mangent d'autres insectes. Très peu des exploitants connaissent la notion de bio pesticides.

Les insectes et acariens ravageurs, ainsi que les maladies cryptogamiques, bactériennes et virales provoquent souvent des dégâts importants sur les cultures maraîchères. Les producteurs utilisent généralement de façon massive et répétée un certain nombre d'insecticides, acaricides et fongicides dont l'utilisation entraîne de nombreux problèmes : coût en produits et en main d'œuvre, risque de résidus dans les parties consommables, pollution de l'environnement, élimination des organismes utiles et apparition de résistances aux pesticides

Dans ce cadre une vraie stratégie doit être mise en place comme alternative aux applications de pesticides et des engrais chimiques. En effet, ces produits sont des substances étrangères à l'environnement et engendrent une destruction de l'écosystème. Les résidus des pesticides peuvent s'accumuler dans les aliments et occasionner le développement d'allergies et autres maladies (y compris le cancer).

Une nouvelle stratégie doit être intégrée, elle doit porter un constat sur les itinéraires techniques qui sont largement dépassés c'est-à-dire introduire de nouvelles pratiques culturales, sachant que le milieu serre stimule tous les facteurs positifs ou antagonistes qui trouvent un milieu favorable à leurs prolifération. La plasticulture demande une grande technicité et où le couple production - protection joue un rôle capital dans le résultat final.

Ces derniers temps, nous constatons un certain engouement des serristes et la culture sous abris vient de connaître un essor particulier notamment avec l'entrée de la multi chapelle. L'introduction de la multi chapelle offre de multiples avantages comparés à la serre tunnel et ce malgré son lourd investissement, elle reste un outil très performant dans la pratique des cultures protégées, pour peu que son utilisation soit rentabilisée et le meilleur moyen de produire plus et à moindre coût.

Les objectifs de notre travail sont de favoriser l'adoption des bonnes pratiques agricoles (BPA) qui constituent un ensemble de règles à respecter dans la mise en œuvre de la plantation par une gestion raisonnée de la production (choix des variétés, préparation du sol, semis et élevage des plants, fertilisation et irrigation raisonnée etc....).

nous avons aussi favorisé le développement de la tomate par une gestion climatique (température et l'humidité relative) et l'application d'un système de protection intégrée contre les différents ravageurs et maladies de la tomate, particulièrement contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) par l'utilisation des différentes méthodes alternatives de lutte (lutte prophylactique, biotechnique, biotechnologique, physique, biophysique et lutte chimique raisonnée) pour cela de nouvelles technologies doivent être développés de façon à répondre aux enjeux. C'est la combinaison de l'ensemble des méthodes de lutte qui pourrait la contenir. C'est pour quoi la lutte intégrée est à privilégier.

Notre travail rentre dans le cadre du projet de coopération Algéro-Belge (AL103), il est scindé en deux parties essentielles. La première a trait à l'étude bibliographique sur :

- Chapitre I** : Concept de la production et protection intégrée (Stratégie et développement durable).
- Chapitre II** : Maladies et ravageurs de la tomate sous abris.
- Chapitre III** : Apport de la météorologie dans le système de production et protection intégrée.

La deuxième partie est représentée par les matériels et les méthodes utilisés pour favorisé le développement de la culture de tomate dans de meilleurs conditions par une gestion raisonnée d'un système de production et de protection intégrée sous abris et mettre au point une stratégie globale en optimisant la lutte contre les ravageurs et les maladies les plus importantes sur cette espèce végétale par :

- Chapitre IV** : Gestion de la production intégrée (lutte culturale).
- Chapitre V** : Gestion climatique (lutte climatique).
- Chapitre VI** : Gestion de la protection intégrée.
- Chapitre VII** : Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta* Meyrick.).

L'objectif principal est la conduite culturale et la gestion climatique pour fournir aux professionnels des références techniques en production et protection intégrée de la tomate cultivée sous multi chapelle et la recherche des solutions alternatives de maîtrise des populations des bios agresseurs en culture sous abris.

Le but de notre mémoire est aussi de proposer une stratégie de lutte intégrée de la tomate sous abris contre la mineuse (*Tuta absoluta*) en utilisant des mesures alternatives de lutte comme la lutte biotechnique, biotechnologique, physique, biophysique et en dernier la lutte chimique raisonnée. Etudier l'efficacité de méthodes alternatives à la lutte chimique contre les différents ravageurs et maladies en générale et *Tuta absoluta* en particulier.

PREMIERE PARTIE

**RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE**

PREMIERE PARTIE

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Importance de la plasticulture en Algérie.

La plasticulture connaît en Algérie tant sur le plan spatial que sur le plan technologique un développement tout à fait remarquable et qui interpelle les cadres techniques et la communauté scientifique pour faire de ce modèle incontournable un puissant vecteur de la production maraîchère du pays.

Tableau 1: Importance de la culture de la tomate en Algérie.

Source : Statistique Agricole 2006 (MADR).

Type et Régions	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Culture Maraîchères et Industrielles	372096	
Culture Maraîchères sous serre	7281,36	1,95
Culture de la tomate sous serre	2966,61	40,74
Biskra	1279	43,11
Tipasa	420	14,15
Mostaganem	312	10,51
Chlef	297,16	10,01
Ain Defla	140	04,71
Boumerdes	80	02,69

La tomate occupe une place importante dans l'agriculture Algérienne (Tableau 1), elle est la première dans les superficies occupées par les cultures maraîchères sous serre. Elle totalise une superficie de 2966,61 ha des cultures sous serre avec une moyenne de 40,74%. Les principales régions productrices de la tomate sous serre sont respectivement : Biskra (43,11%), Tipasa (14,15%), Mostaganem (10,51%), Chlef (10,01%), Ain Defla (04,71) et Boumerdes (02,69%).

2. Situation actuelle.

La situation actuelle est basée sur le mimétisme c'est-à-dire, je fais comme le voisin ou j'ai toujours fait comme ça. C'est une méthode irréfléchie, indolente et inconsciente ou basée sur une méthode systématique pour obtenir une sécurité et un rendement maximum, je cherche une protection chimique permanente de mes cultures, cette méthode se base sur la facilité, le contexte économique favorable, l'insouciance sur la qualité des produits, la méconnaissance ou la négligence des possibles impacts écologiques (pollution des eaux..) et agronomiques (résistances de beaucoup d'ennemis des cultures..) des produits phytopharmaceutiques. En plus, la rémanence des produits, la fréquence des traitements et les doses d'application ne sont plus respectées.

Actuellement ce que vivent les agriculteurs des pays en voie de développement en générale est déjà vécu dans les pays développés. Une caractéristique principale de cette phase est l'utilisation de tous les moyens disponibles pour accroître les rendements sans trop se soucier des conséquences que cela peut avoir sur l'écosystème, parmi ces moyens disponibles nous citerons les pesticides, les engrais chimiques et l'utilisation non rationnelle des ressources naturelles.

Le nombre d'interventions pesticides par cycle de production ne cesse d'accroître, ces applications sont jusqu'à maintenant appliquées selon un calendrier systématique qui ne tient pas compte de la situation phytosanitaire réelle de la culture et des conditions climatiques. A cela, les maladies et les ravageurs ne cessent de développer la résistance à beaucoup de matières actives que les producteurs trouvaient autrefois très efficace.

Cet état a tendance à favoriser plutôt des mesures basées exclusivement sur la prévention au lieu des mesures raisonnées qui justifient l'intervention pesticide. Cette attitude à elle seule a conduit à l'apparition de phénomènes de résistance dans beaucoup de situations car le producteur a tendance à réutiliser le même produit jusqu'à épuisement de stock. De même, le choix de produit est basé principalement sur l'efficacité indépendante de son impact secondaire sur la faune auxiliaire et sur l'environnement, donc c'est un choix qui est loin d'être écologique et intelligent.

Mais le temps change : Les préoccupations en matière de santé de l'homme, d'environnement, de durabilité des activités humaines, de qualité gustative et de sécurité alimentaire des denrées agricoles, d'harmonie des paysages, de respect de la diversité naturelle et l'utilisation raisonnée des ressources naturelles... conduisent à abandonner l'attitude mimétique et l'attitude systématique. Dans le cadre d'une agriculture raisonnée et durable, la protection des cultures se doit d'être, elle aussi raisonnée, voire intégrée.

De nouvelles méthodes de production et de protection contre les ravageurs se développent en privilégiant une gestion durable des populations d'insectes et acariens tout en évitant des dégâts économiques et en préservant l'environnement et la santé humaine.

Ces méthodes s'inscrivent dans un cadre appelé production et protection intégrée combinant les techniques culturales, la gestion climatique, les mesures prophylactiques, la lutte biologique intégrée, et une lutte chimique raisonnée.

La production et la protection intégrée se généralise dans les serres et les abris, aujourd'hui elle présente « une valeur sûre » dans le monde. En 2000, MAISONNEUVE [5] confirme très nettement le retour en progression annuelle de 35% de la protection biologique intégrée en comparaison des 581 ha en 1996, 820 ha en 1997, 915 ha en 1998 et 1230 ha de serre en cultures légumières en 1999.

Selon CARON [6] la grande majorité de la culture de tomate sous serre est aujourd'hui cultivée en protection biologique intégrée dont 56% des surfaces sous abri et 80 à 90 % des surfaces de tomate sous serre chauffées sont en protection intégrée. En concombre, la part des cultures en protection biologique intégrée est d'environ 70%. En France, les principales cultures concernées par la Protection Biologique Intégrée (PBI) sont la tomate et le concombre avec respectivement 56% et 30% des superficies occupées, avec une évolution en constante progression de + 60% pour la tomate et de +340% pour le concombre. Il paraît clairement que la protection biologique intégrée est maintenant le mode principal de protection phytosanitaire des cultures sous abris.

2.1. Phénomènes de résistance.

Entre 1948 et 1990, le nombre des cas de résistance chez les insectes est en constante progression : 14 espèces en 1948, 224 en 1969 et plus de 500 en 1990 [7].

Les phénomènes de résistance des insectes aux insecticides organiques de synthèse ont conduit à utiliser des concentrations de plus en plus fortes de substances actives pour obtenir des résultats similaires à ceux du passé. Cette augmentation s'est révélé source de plusieurs désordres écologiques qui ont été qualifiés d' « effet 4R » pour résistance, rémanence, résurgence et rupture des chaînes trophiques [8].

Des résistances aux métalaxyl sont apparues pour la première fois sur *Peronospora hyoscyami* aux Etats-Unis [9], *Phytophthora infestans* dans le nord de l'Irlande [10] et sur *Plasmopara viticola* en France [11].

Selon BOMPEIX *et al.* [12] des souches résistantes au métalaxyl ont pu être isolées en Europe chez *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora parasitica* et divers *Pythium spp.*

Certaines espèces de *Phytophthora* et de *Pythium* développent facilement une résistance aux métalaxyl quand ils sont exposés aux radiations ultraviolettes, sans perdre leur virulence ou leur pathogénicité. Ainsi le développement des souches résistantes au métalaxyl dans les champs n'est pas seulement possible mais probable chez ces espèces de champignons [13].

Le développement de résistance au métalaxyl chez quelques espèces d'Oomycètes est lié à l'utilisation généralisée de ce produit contre ces champignons [14].

D'après COHEN et REUVINI [15], l'une des mesures entreprise par la firme Ciba-Geigy pour réduire le phénomène de résistance au métalaxyl est de mettre ce fongicide sur le marché en mélange avec des produits de contact (10% de métalaxyl + 48% de mancozèbe en Hollande et 20% de métalaxyl + 40% de folpel en France.

BRUIN et EDGINGTON [13] montrent qu'une exposition pendant trois minutes aux radiations ultraviolettes (UV) d'une suspension de zoospores de *Phytophthora capsici* provoque un développement de résistance au métalaxyl et 35 minutes d'exposition du mycélium de *Phytophthora capsici* et *Pythium ultimum* produisent plus de résistance.

Il y a une demande de méthodes biologiques de lutte contre les pucerons de plus en plus pressante à cause de l'utilisation massive d'insecticides qui a abouti à un niveau élevé de résistance chez différentes espèces (ex : *Aphis gossypii*) [16].

Des phénomènes de résistance de la mineuse *Tuta absoluta*, sont observés dans plusieurs pays par exemple contre l'abamectine, captane et la perméthrine au Brésil [17].

2.2. Impact sur l'environnement.

Depuis très longtemps, l'activité humaine entraîne des modifications à grande échelle de l'environnement. Il en va ainsi de l'urbanisation intensive, les produits issus de cette dernière se déversant peu à peu dans le sol, les rivières, les nappes phréatiques, etc.... . La prise en compte de l'effet de serre est désormais capitale dans le domaine de l'agriculture. Mais, assez paradoxalement, l'agriculture intensive elle-même a des retombées sur l'environnement, mettant en péril sa propre existence, avec, notamment, la pollution par les engrais chimiques et par les pesticides.

Le génie génétique agronomique a également un rôle à jouer dans ce domaine : pour éviter l'emploi d'engrais azotés, des gènes permettant la fixation de l'azote atmosphérique que pourraient être ajoutés au patrimoine génétique des végétaux.

Si l'Algérie est « néophyte » pour ce qui est de l'agriculture intensive, elle est loin de la France classée deuxième derrière les Etats-Unis pour l'utilisation des engrais et les produits phytosanitaires, la saturation et la contamination des terres agricoles déjà restreintes est un signal d'alarme auquel on ne saurait rester sourd. La contamination des sols par le fluor dans le Sud et les nitrates au Nord sont les deux principales pollutions en Algérie.

Les agriculteurs, par méconnaissance et faute de formation dans le domaine agricole, se sont adonnés à un épandage à tout va sur les terres agricoles soumises depuis quelques années à l'agriculture intensive, ce qui a eu pour effet direct la saturation des sols.

Il nous revient de déterminer quels sont les risques de pollution, de bouleversements climatiques ou de catastrophes écologiques. Il faut rester prudent dans le domaine des organismes transgéniques, qui, répandus dans la nature, pourraient être à l'origine de déséquilibre, les autres défis sont la protection de la biodiversité qui, en agriculture tout particulièrement, ne cesse de reculer.

Le visage de la recherche agronomique a changé de tout au tout : après avoir voulu tirer le maximum du sol et de la végétation, il s'agit maintenant, en outre, de protéger un patrimoine : proposer des solutions préventives d'une part, curatives, d'autre part (dépollution, rétablissement de la diversité végétale, etc....) tout en développant une production de qualité par le développement d'un système de production et de protection intégrée (PPI) permettant la combinaison de diverses actions comme l'utilisation des variétés plus robustes et un apport de faibles doses de pesticides au moment favorable, ce qui permet d'égaliser, voir de dépasser les rendements obtenus au moyen d'une lutte purement chimique. Ces méthodes sont combinées à des pratiques agricoles dont l'effet bénéfique dans la lutte contre les parasites est largement prouvé.

Selon HOPPIN [18], certains pesticides provoquent de l'asthme chez les agriculteurs. Pour la première fois, une étude américaine à grande échelle, réalisée sur 20 180 agriculteurs en Iowa et en Caroline du Nord (États-Unis), indique que l'usage de certains insecticides, fongicides ou herbicides peut provoquer de l'asthme indépendamment des autres facteurs de risques, une seule exposition importante à des pesticides au cours de la vie peut suffire à doubler le risque d'asthme chez les hommes agriculteurs adultes. Bien qu'aucun lien n'ait été mis en évidence avec une classe particulière de pesticides ou un mode d'utilisation, 16 pesticides sur les 48 auxquels ont été exposés les 452 agriculteurs asthmatiques sont suspectés d'augmenter la prévalence de l'asthme chez les agriculteurs.

Des pesticides ont provoqué un «désastre sanitaire» aux Antilles françaises. Selon un rapport préparé par le cancérologue [19], l'utilisation massive de certains pesticides a provoqué un "désastre sanitaire" aux Antilles françaises.

La lutte biologique intégrée représente une alternative séduisante à la lutte chimique, avec l'espoir d'un meilleur respect de l'environnement des cultures et de la santé des agriculteurs et des consommateurs. A ce titre, elle a longtemps symbolisé le « bien » indiscutable, une approche écologique de la protection des plantes contre le « mal », le tout chimique.

Depuis quelques années pourtant, la multiplication des accidents dus aux effets imprévus des biotechnologies a mis à mal la confiance que l'opinion publique plaçait dans les affirmations des scientifiques. Ce doute gagne aujourd'hui la lutte biologique intégrée et l'on se demande si elle ne pourrait pas, elle aussi, s'accompagner de son cortège d'effets indésirable [2].

CHAPITRE I

CONCEPT DE LA PRODUCTION ET PROTECTION INTEGREE (PPI)

Stratégies alternatives et développement durable

1.1. Introduction.

La protection intégrée d'une culture commence dès la fin de la culture précédente et avant la mise des plants dans la serre. Les opérations de prophylaxie visent à introduire un plant sain dans une serre propre. La protection intégrée comprend aussi l'utilisation de variétés tolérantes ou résistantes à une gamme parfois large de maladies virales, cryptogamiques. Le choix de variétés résistantes (ou tolérantes) permet de limiter la pression en traitements phytosanitaires et de favoriser ainsi l'installation des auxiliaires. D'autres techniques de culture ainsi que la lutte chimique raisonnée participent également à la protection intégrée. La lutte chimique, réduite au strict nécessaire doit être raisonnée car si elle est mal appliquée, elle peut compromettre une lutte intégrée.

La protection intégrée est donc l'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimique, physiques, culturelles ou intéressant la sélection des végétaux dans laquelle l'emploi de produits chimiques phytopharmaceutiques est limité au strict nécessaire pour maintenir la présence des organismes nuisibles en dessous du seuil à partir duquel apparaissent les dommages ou une perte économiquement inacceptable. Lorsque les mesures culturelles, prophylactiques, les moyens biologiques, biotechnologiques et physiques ne permettent pas de maîtriser un parasite, la protection au moyen de produits chimiques compatibles sera mise en œuvre. (Directive CEE / 91/ 414) [20].

1.2. Concept de la Production Intégrée.

Les principaux facteurs à l'origine des réductions de rendement et/ou des baisses de la qualité sont les agents pathogènes, les insectes ravageurs et une mauvaise gestion des facteurs ambiants. Puisque la température, la lumière, l'humidité, le pH, le dioxyde de carbone et l'apport en nutriments exigent des stratégies particulières de conduite culturale à chaque stade du cycle de production, il est essentiel de bien comprendre et contrôler les conditions ambiantes pour optimiser la croissance de la culture et minimiser le développement des maladies. Avec la protection intégrée s'amorce une véritable gestion des agro écosystèmes. Limiter cette gestion aux seules fins de préserver l'état sanitaire de la culture est apparu trop restrictif d'où le concept plus global de production intégrée.

Les bonnes pratiques agricoles constituent un ensemble de règles à respecter dans la mise en œuvre des plantations et la gestion des cultures. Elles ont été instaurées de façon à optimiser la production agricole, tout en réduisant le plus possible les risques liés à ces pratiques, tant vis-à-vis de l'homme que vis-à-vis de l'environnement. En matière de protection des plantes, on peut également les nommer « Bonnes Pratiques Phytosanitaires (BPP) ».

Une évolution des itinéraires techniques s'avère indispensable. Ceux –ci doivent en effet être conçus pour réduire autant que faire se peut, les risques de pullulation des organismes nuisibles, en évitant les pratiques favorables à l'expression de leur potentiel biotique d'une part, et au contraire en exploitant au mieux tous les procédés favorisant leur antagonistes.

Il n'y a aucun doute que l'adoption de la protection intégrée implique nécessairement une discipline et un effort de la part des agriculteurs afin d'introduire en premier lieu un système de production intégrée qui fait recours à toutes les techniques modernes (fertigation) de production des cultures sous abris.

Le but n'est pas d'augmenter les rendements par tous les moyens possibles et par l'utilisation massive d'intrants. L'accent doit être mis sur le développement de systèmes de culture durable, respectueux de l'environnement et de la santé des consommateurs. C'est pourquoi, il est proposé d'adopter une stratégie pour la production de légumes « sains » par l'application de la production et de la protection intégrée [21].

Dans la pratique la mise en œuvre de la production intégrée se concrétise par :

- le choix d'espèces, de variétés adaptées à la zone de production,
- le recours à des cultivars en adéquation avec les conditions pédoclimatiques (structure du sol, précocité des variétés, régime hydrique de la zone de production etc.).
- par des interventions sur l'environnement des cultures : constitution de réseaux écologiques au sein de l'exploitation, de zones refuges pour insectes utiles (semis de plantes attractives),
- par des mesures agronomiques en faveur de la protection des cultures (mode de conduite, nutrition, irrigation, travail du sol),
- et en dernier recours, par l'application de la lutte intégrée.

C'est un système de production mettant en œuvre un ensemble de techniques culturales satisfaisant à la fois les exigences écologiques, économiques et toxicologiques, en vue d'obtenir une récolte qualitativement optimale.

La production intégrée, dont la protection intégrée fait partie intégrante, élargit le champ des objectifs recherchés, à savoir :

- obtenir des quantités de denrées agricoles nécessaires à l'alimentation humaine et qui répondent à une qualité garantie sur des critères mesurables ou détectables pour plus grande satisfaction des consommateurs,
- faire exprimer les potentiels des terroirs et des plantes,
- maintenir ou mettre en place des écosystèmes qui ne perturbent pas l'environnement et permettent une meilleure gestion de l'espace rural (agencement des parcelles, rotation des cultures...),
- rechercher une plus grande diversité écologique au niveau des aires de production,
- sauvegarder la fertilité des sols,
- rechercher un meilleur équilibre dans les cycles des éléments nutritifs en valorisant au mieux les ressources naturelles et les mécanismes régulateurs,
- assurer une protection phytosanitaire raisonnée,
- préserver la faune sauvage,
- maintenir le revenu des agriculteurs et tissu social sur l'ensemble des territoires.

Dans la pratique, la mise en œuvre de la production intégrée implique pour le producteur de respecter un itinéraire technique où chaque intervention sur la culture (plantation, semis, conduite de la culture, fertilisation, irrigation, traitement phytosanitaire, récolte) est raisonnée en tenant compte des potentialités locales, des besoins réels de la plante, des attentes du consommateur, dont l'objectif est d'optimiser au mieux les facteurs de production.

1.2.1. Principes généraux de la production intégrée. D'après HOLLAND [22].

Les directives techniques pour la production intégrée (PI) (Directives technique III OILB 1^{ère} Edition selon MALAVOLTA et al [23] des légumes en plein champ (incluant les cultures sous abri non chauffés et semis protégés) ont pour objectifs, dans le cadre de la définition donnée par l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique) : la production intégrée des légumes (PIL) est définie comme une production économique de produits de haute qualité, donnant la priorité à des méthodes écologiquement plus sûres, minimisant l'utilisation et les effets indésirables des produits agrochimiques et visant à l'amélioration de la sécurité environnementale et de la santé humaine.

Basé sur cette définition, les objectifs pour la Production Intégrée des Légumes (PIL) sont les suivants :

- promouvoir les systèmes de production respectueux de l'environnement, économiquement viables et soutenant les fonctions multiples de l'agriculture, à savoir ses aspects sociaux, culturels et récréatifs ;
- assurer une production durable de produits sains de haute qualité contenant des résidus minimes de pesticides ;
- protéger la santé des agriculteurs lorsqu'ils manipulent des produits ;
- promouvoir et maintenir une haute diversité biologique des agro-écosystèmes concernés et des aires périphériques ;
- préserver et promouvoir à long terme la fertilité des sols ;
- minimiser la pollution de l'eau, du sol et de l'air.

Les différentes étapes sont :

. Rotation des cultures : au minimum 4 cultures différentes, dont celles qui améliorent la fertilité des sols (légumineuses) et qui contribuent à la gestion des populations de bio agresseurs (variétés résistantes).

La durée minimale nécessaire de rupture entre deux espèces légumières sensibles à une même maladie tellurique dépend du couple plante - pathogène.

Tableau 1.1: Délai minimal pour un retour de plante à un même pathogène sur un même sol [24] :

Période de rupture	Plantes concernées	Champignons
2 ans	Solanacées	<i>Phytophthora sp</i>
3 ans	Laitue	<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Sclérotinia sp</i>
3 ans	Persil	<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>
4 ans	Haricot	<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>
4 ans	Solanacées	<i>Verticillium sp</i>
4 ans	Crucifères	<i>Rhizoctonia sp</i>
5 ans	Pois	<i>Fusarium sp</i>
+5 ans	Asperge	<i>Fusarium sp</i>

L'absence de rotation dans le cas des cultures sous serre ou grand abris s'est très vite traduite par la mise en œuvre des techniques de production hors sol ayant pour objectif principal de s'affranchir des problèmes telluriques.

L'implantation d'une culture intercalaire, souvent appelée improprement engrais vert, pendant la période estivale, est une pratique agronomique recommandée lorsque les abris froids sont laissés sans culture à cette période [25]. L'intérêt est triple :

- l'enracinement profond de la culture intercalaire améliore la structure du sol ;
- la culture intercalaire peut procurer les éléments minéraux mobiles du sol qui ont migré en profondeur lors des cultures précédentes ;
- l'enfouissement de la culture intercalaire et sa minéralisation peuvent fournir à la culture suivante une partie des éléments minéraux nécessaires à son développement.

Culture hors sol: Dans le cas des cultures maraîchères, cette conception du sol « support de culture » a conduit au développement de cultures dites « hors-sol » qui permettent grâce à la fertigation de satisfaire les besoins nutritifs de plantes n'explorant qu'un volume très limité de substrat d'origine organique, minéral ou synthétique. Un des principaux arguments pour promouvoir ces techniques de culture « hors-sol » était l'absence de contact direct entre le système racinaire des plantes et le sol infesté permettant ainsi d'éliminer les dégâts causés par les maladies d'origine tellurique.

La culture en hors sol est l'une des technologies modernes utilisées aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains à problèmes, ou une meilleure productivité est impossible autrement qu'avec un substrat de culture artificiel. C'est l'unique solution lorsque le sol naturel souffre de contraintes incorrigibles (terrain rocailleux, hydromorphe, salés...), alors que tous les autres facteurs sont favorables.

C'est aussi la solution efficace pour d'anciens périmètres de monoculture surexploités, dont les installations sont encore en bon état pour continuer à reproduire, tandis que le sol est dans un état de fatigue (nématodes, fusariose vasculaire..), ou la restauration de sa productivité n'est plus possible avec les interventions agronomiques courantes, telle la désinfection. Dans de nombreux cas, la reconversion plein sol/ hors sol peut également s'avérer intéressante, si par rapport à la culture en plein sol, les éléments disponibles montrent que des gains substantiels de productivité, et surtout de rentabilité, en sont attendus.

D'une manière générale, pour tirer un meilleur parti de cette technologie, les principaux facteurs importants mis en jeu sont le substrat, le potentiel variétal, la conduite sous abris et la fertigation.

La fertigation (fertilisation et irrigation) en culture hors sol permet d'économiser l'eau et d'optimiser les apports nutritifs. La solution nutritive doit être équilibrée et adaptée aux besoins évolutifs des cultures sur substrat. Sa composition minérale joue un rôle capital dans la réussite des cultures sur substrat [26].

L'application des fertilisants à travers le système d'irrigation devient une pratique commune pour l'agriculture moderne [27] et le goutte à goutte assure une grande efficacité, du fait que la localisation de la totalité des engrais au niveau des racines [28].

Dans le système de fertigation, il n'est plus nécessaire d'évaluer les besoins nutritifs des plantes selon la superficie cultivée, mais plutôt en fonction de la concentration d'engrais et donc de la concentration nutritifs dans l'eau d'irrigation et dans le sol ou substrat [29].

L'utilisation des engrais dans le système de fertigation entraîne une réduction des pertes de solutions nutritives par lessivage (système fermé) et par conséquent une diminution de la pollution des nappes phréatiques par les engrais [30].

Selon ELLATIR [30], le système d'irrigation localisée contribue à une augmentation des rendements de l'ordre de 20 à 40 % d'où son intérêt dans les cultures à grande valeur ajoutée et une économie d'eau et d'engrais.

En plus, PINTO *et al* [31], ont montré que le rendement de la tomate obtenu par fertigation est plus élevé par rapport à la fertilisation classique en sol sableux, avec une même dose d'apport d'engrais.

. Gestion de la fumure : maîtriser les apports d'engrais minéraux ; les remplacer autant que faire se peut par des engrais organiques ; les excès de fumure sont favorables aux bio agresseurs et sont sources de pollutions.

. Réduction du travail du sol : outre les économies d'énergie, on favorise ainsi la faune du sol, tout en réduisant l'érosion et le lessivage des nutriments ; privilégier le semis sans labour et culture sous mulch qui créent des conditions favorables aux organismes auxiliaires.

. Gestion intégrée des cultures contre les bio agresseurs : optimisation des mécanismes naturels de régulation de leurs populations par le choix de variétés résistantes, des dates de semis, la définition de seuil de nuisibilité, l'utilisation des pesticides les moins dommageables pour l'environnement ; la destruction mécanique des mauvaises herbes est recommandée ; le rôle des prédateurs est accru par l'aménagement de leurs habitats.

. Aménagement de surfaces écologiques de compensation : bordures de champs, haies, clôtures, bandes herbacées disposées pour assurer la meilleure connectivité tout en limitant la surface des parcelles de culture, sont recommandées pour favoriser les auxiliaires ; constituer des zones tampons limitant l'érosion et le lessivage des sols, prévenir l'invasion des parcelles par les mauvaises herbes, protéger la diversité biologique.

1.3. Concept de la Protection Intégrée.

1.3.1. Lutte intégrée.

Système de gestion des populations de ravageurs qui, dans le contexte de l'environnement associé et des dynamiques des populations des espèces nuisibles, met en œuvre toutes les techniques appropriées, d'une manière aussi compatible que possible, pour les maintenir à des niveaux inférieurs à ceux causant des dommages d'importance économique. Dans son sens restreint, elle s'applique à la gestion d'une seule espèce de ravageur dans des cultures données ou dans des lieux particuliers (comme dans notre cas la lutte intégrée contre la mineuse (*Tuta absoluta*) de la tomate sous abris).

Dans son sens large, elle s'applique à la gestion harmonieuse de toutes les populations d'organismes nuisibles dans leur environnement agricole. Ce n'est pas une simple juxtaposition ou superposition de deux techniques de lutte (telles que la lutte chimique et la lutte biologique), mais l'intégration de toutes les techniques de gestion adaptées aux facteurs naturels de régulation et de limitation de l'environnement.

Ainsi, il est nécessaire de « **mieux connaître le ravageur pour mieux le combattre** » et « **mieux connaître la nature pour mieux la protéger** » pour un développement durable.

Les questions environnementales sont devenues une préoccupation internationale majeure. La FAO réajustait simultanément sa position sur la lutte intégrée en adoptant le concept de « gestion intégrée des cultures ».

La protection intégrée fait appel à d'autres mesures de lutte afin d'assurer une protection phytosanitaire globale tels que la lutte prophylactique, la protection biologique intégrée et la lutte chimique raisonnée.

Dans la pratique la mise en œuvre de la lutte intégrée se concrétise par :

Le rejet du calendrier de traitements préétablis lui préférant un canevas d'observation :

- la surveillance de l'évolution des populations des ennemis et de leur antagoniste, au niveau de l'unité de production (contrôle visuel, piégeage...),
- la préférence à des niveaux de population pour décider d'une intervention (seuil de tolérance, seuil de nuisibilité, seuil d'intervention),
- l'utilisation de moyens diversifiés (culturels, biologiques, biotechniques et écologiques pour maintenir les populations des ennemis à des niveaux acceptables.

En production et protection intégrée, la notion de protection est prépondérante. Avant l'implantation et pendant toute la durée de la culture, tout doit être imaginé et conçu pour mettre la plante en condition de résister aux agressions parasitaires.

Dans le raisonnement protection intégrée tout moyen susceptible de modifier les interactions au sein de l'agro système, en faveur de l'état sanitaire de la culture, sont prises en compte.

1.3.2. Etapes d'adoption de la protection intégrée.

Le producteur et son personnel sont des composantes essentielles pour la mise en œuvre d'une protection raisonnée basée sur l'observation régulière des plantes.

En effet, la détection des premiers ravageurs ou symptômes de maladies sont nécessaires pour définir une stratégie de lutte adaptée et intervenir au moment le plus opportun.

* Connaître la situation des ravageurs, des maladies et des déprédateurs dans la région.

Il est utile de comprendre les mécanismes à l'origine de la pullulation d'un ravageur ou de l'explosion de la maladie. Dans le concept de production intégrée ou la notion de seuil est primordiale, il est en effet capital de comprendre ces mécanismes afin d'intervenir sur tous les facteurs maîtrisables par le producteur.

L'agriculture constitue un agro écosystème à l'intérieur duquel des interrelations étroites s'établissent entre les différents éléments constitutifs. Dans ce biotope particulier les conditions climatiques et les techniques culturales jouent un rôle considérable dans le comportement de chaque espèce, que celle-ci soit utile ou nuisible, naturelle ou cultivée. L'évolution des ennemis des cultures dans pareil milieu est donc soumise à d'innombrables facteurs [32].

Parmi les nombreux arthropodes se développant dans les milieux cultivés, un certain nombre sont des ennemis naturels des ravageurs des cultures et en ce sens peuvent être considérés comme des auxiliaires de l'agriculture. Au cours de leur développement larvaire ou au cours de leur vie imaginaire, ils consomment un ou plusieurs déprédateurs et contribuent ainsi à la régulation des populations d'insectes ou d'acariens nuisibles aux cultures. Leur rôle dans les milieux naturels est prépondérant [33] et [34].

Les perspectives de l'épidémiologie sont riches de prouesses. En effet l'intégration de l'espace, du climat, du temps, la formulation d'une épidémie en terme de système modélisable ont déjà donné et donneront à l'épidémiologie une fonction indispensable pour la définition et la gestion de tout système de protection phytosanitaire sous ensemble constitutif de tout système de protection et de gestion des cultures [35].

L'épidémiologie est donc riche de perspectives pour prévoir et quantifier les risques parasitaires propres à un système de production.

Il est essentiel de procéder à la constitution d'une base de données qui doit réunir toutes les informations relatives à la présence, abondance et périodes de risques des ravageurs et des maladies.

L'objectif est aussi de pouvoir formuler un « package » d'action adapté à la situation locale , il est important de signaler à ce sujet que la situation des ravageurs et des maladies diffère selon les zones climatiques et écologiques et donc les résultats obtenus dans une zone ne sont pas entièrement transposables à d'autres zones, il faut préciser qu'à l'échelle de l'Algérie ou à l'échelle d'une région tel que le nord (littoral) les résultats ne sont pas transposables à une autre région tel que le sud (Biskra).

Généralement les problèmes ne se posent pas avec la même acuité et, même quand il s'agit du même problème, la période d'alerte peut être différente d'une zone à l'autre.

* Etablir un plan d'action contre les différents ravageurs :

Il est illusoire de vouloir résoudre durablement, économiquement et écologiquement un problème phytosanitaire par une seule technique de lutte. Ceci constitue un des principes de base de la lutte intégrée. Par ailleurs, les différents modes de protection mis à la disposition de l'agriculteur s'enchaînent selon une logique déterminée, allant de la mesure prophylactique au traitement chimique généralisé. Pour éviter les traitements systématiques et décider rationnellement son intervention, la localisation du risque et sa quantification s'imposent.

Une fois qu'une base de données est constituée pour les principaux ravageurs et auxiliaires de la culture (la tomate dans notre cas) dans la région, il est possible de définir des plans d'action pour chaque ravageur.

Le piégeage des insectes constitue un outil de grande valeur dans la surveillance des ravageurs et des auxiliaires au niveau de la multi chapelle.

* Avoir un bon pesticide et des moyens d'avertissement agricoles disponibles :

Il est inutile de parler de l'adoption de la protection intégrée si les outils nécessaires pour cette adoption ne sont pas disponibles sur le marché. Dans ce cas, le développement de la protection intégrée doit intégrer les efforts des producteurs, des administrateurs responsables au sein du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) (DPVCT) et du secteur privé intervenant dans la protection phytosanitaire.

* Agir vite pour établir les équilibres biologiques :

Aussi, il est bon d'avoir un système d'avertissement agricole qui permettra de situer les périodes d'alerte pour le déclenchement des traitements en cas de nécessité. Une fois l'alerte lancée le traitement doit être réalisé dans les meilleurs délais. Evidemment un retard de traitement impliquera une moindre efficacité du traitement.

Il est important de rappeler que la lutte intégrée nécessite aussi un équipement de traitement adéquat à la situation. Ce qui est important de retenir c'est que la période de traitement est un facteur très important dans la protection intégrée « TIMING IS WHAT IPM IS ABOUT » [36].

* Diminuer les charges :

Réduire le nombre de traitements phytosanitaires c'est pour l'agriculteur lui libérer des jours de travail et permettre ainsi, pour la conduite d'une autre production, de disposer de ces jours de travail ce qui est un atout très important pour réaliser divers itinéraires techniques qui très souvent se chevauchent dans le temps.

1.3.3. Différentes méthodes alternatives de la protection intégrée.

La protection biologique intégrée (PBI) intègre toutes les autres techniques et méthode de lutte (biotechnique, biophysique et biotechnologique, biologique et chimique raisonnée...) afin de maintenir la population des ennemis des plantes à un niveau tolérable pour les cultures. Cela nécessite une préparation et un certain nombre de précautions.

Selon MAISONNEUVE [5], lorsqu'une protection biologique intégrée est bien menée en culture de tomate sous serre peut réduire les pulvérisations insecticides de plus de 90%.

La lutte intégrée fait intervenir la notion du seuil de nuisibilité des ravageurs et du seuil de tolérance de la plante qui exprime le maximum de ravageurs qu'une culture peut supporter sans subir des pertes économiques appréciables et au-delà duquel une intervention limitante devient indispensable.

La limitation des populations de ravageurs peut se faire par différentes méthodes :

1.3.3.1 Méthode prophylactique.

La gestion du risque constitue un défi majeur, qui remet en cause toute la filière tomate. Elle est donc totalement liée au contexte cultural et d'une manière générale au contexte socio-économique de la zone de production. ; En effet il y a une grande diversité des systèmes de culture dans les productions légumières sous abris. Les stratégies de protection phytosanitaire développées vers la qualité doivent donc s'appliquer à une large gamme de situation [37].

Les mesures préventives visent à empêcher les populations d'organismes potentiellement nuisibles aux cultures, de provoquer des dégâts économiquement sensibles. Elles s'appuient sur des techniques agronomiques éprouvées, mais le plus souvent abandonnées au profit d'un recours systématique aux intrants. La rotation des cultures, assolement, choix des variétés résistantes, façons culturales, fertilisation raisonnée, aménagement des habitats, cultures pièges et intercalaires sont autant de techniques qui visent à créer simultanément des conditions défavorables pour les ennemis des cultures et favorables à leur antagonistes.

L'environnement de la serre (abords, autres serres de l'exploitation...) ainsi que celui des plantes (structures, substrat, sol, plastique...) doit être « propre » avant leur introduction sous abri. Cela nécessite des interventions chimiques avant et après l'arrachage des plantes de la culture précédente, ainsi qu'une désinfection soignée de la serre avant l'arrivée des nouveaux plants.

La prophylaxie reste une base fondamentale de la lutte intégrée, en réduisant ou retardant les possibilités d'installation ou d'explosion des ennemis d'une culture et associée à des techniques de lutte données ou partielles. Les mesures prophylactiques ont un double objectif : Placer le parasitisme en situation la plus défavorable possible, placer la culture en situation la plus favorable possible.

La rotation des cultures peut constituer un moyen de lutte contre certains ravageurs, d'une manière générale, les rotations influencent défavorablement le développement des ennemis des cultures d'origines telluriques, permettent aussi le maintien des mycorhizes et d'une manière générale diminuent la pression parasitaire.

L'utilisation de la semence et de plants sains adaptées à la région aussi que le choix de variétés résistantes ou tolérantes vis-à-vis des champignons pathogènes, des nématodes ou même des insectes constituent des méthodes de prophylaxie parmi les mieux connus (lutte génétique).

Pour les interventions mécaniques, le paillage plastique noir est le plus utilisé en maraîchage, il interdit les levées de mauvaises herbes et conserve l'humidité du sol. Un inconvénient majeur de cette technique est la récupération et le recyclage des vieux plastiques.

C'est pourquoi on tend, aujourd'hui, à mettre en œuvre des paillages biodégradables ou photodégradables. Sous serre, plusieurs techniques de lutte mécanique dites aussi méthodes physiques sont pratiquées contre les ravageurs :

- * L'utilisation de nombreux panneaux jaunes englués pour lutter contre les premiers vols d'Aleurodes, pucerons ailés et mouche mineuse.

- * La lutte contre les larves de thrips et de la mineuse s'appuyant à se nymphoser dans le sol par paillage plastique traité à glu et à l'insecticide.

En phytopathologie, on trouve moins de travaux scientifiques concernant la lutte physique. On peut utiliser des films de polyéthylène ayant des propriétés filtrantes à l'égard de parties spécifiques du spectre de lumière solaire pour lutter contre le botrytis en serre [38].

La stratégie « prophylactique » vise à empêcher l'intrusion des organismes nuisibles en utilisant des filets insect - proof au niveau des ouvrants des serres et des tunnels. L'approche prophylactique conduit à un recalage sérieux des paramètres et des modalités de conduite des cultures, car le recours aux filets insect - proof crée des conditions de confinement (élévation de la température et de l'humidité ambiante) qui ont des répercussions sur la biologie des ravageurs et surtout celle des auxiliaires, qui peuvent se révéler moins efficaces [37] et favorisent le développement des maladies (botrytis).

1.3.3.2. Méthode biotechnique.

Elle est basée sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones...). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisées pour du piégeage de masse, du piégeage d'avertissement.

Les méthodes de contrôles biotechniques ont été entendues en entomologie appliquée les procédures hautement spécifiques qui influent sur le comportement ou le développement des ravageurs sans activité biocide directe, comme la confusion sexuelle, les pièges et les attractifs sélectifs, les répulsifs... .

Les procédés biotechniques et biologiques de lutte contre les ravageurs doivent leur essor actuel au fait que les dangers et les limites de la lutte chimique font l'objet d'une appréciation plus réaliste que par le passé.

Les méthodes biotechniques utilisent les réactions naturelles des organismes nuisibles (en quasi-totalité mobiles) à des stimuli physiques et chimiques pour modifier leur comportement dans un sens favorable à la protection des végétaux (par exemple pièges lumineux et colorés, attractifs et répulsifs chimiques, phéromones, hormones, dérégulateurs de croissance).

La lutte biotechnique privilégie en principe les mesures ne visant pas à tuer directement l'organisme nuisible, mais à surveiller les populations afin de prévoir les éventuelles pullulations, de repousser et de faire fuir les ravageurs. Combinée à la lutte chimique, elle permet de détruire les nuisibles.

Les premières phéromones ont été décrites il y a plus de trente ans. A la base de la communication olfactive entre insectes d'une même espèce, ces molécules sont rapidement devenues des outils dans la stratégie globale de lutte intégrée [39].

La protection biologique intégrée en culture légumière utilise autant que possible des phéromones (lutte par piégeage de masse). Ces composés chimiques servent non seulement au dépistage précoce et à la surveillance des insectes ravageurs mais également de méthode de lutte à part entière [40].

La surveillance par le piégeage phéromonal permet de raisonner la lutte, donc d'éviter les traitements systématiques. Grâce à son absence de risque toxicologique, la faune auxiliaire est préservée et agit contre les organismes nuisibles.

En optimisant les traitements antiparasitaires grâce à l'utilisation des phéromones, le producteur peut faire une économie de produits et de main d'œuvre intéressante, ce qui permet de diminuer globalement les coûts de production. De plus, les traitements raisonnés grâce au piégeage procurent un avantage certain au plan toxicologique et l'utilisation des phéromones de synthèse permet de cibler l'espèce recherchée puisqu'elle est spécifique.

Les découvertes accumulées depuis une quinzaine d'années sur les phéromones des insectes ont radicalement modifié les potentialités offertes par les moyens biotechniques. Ces phéromones peuvent être aussi utilisées comme moyen de lutte par « piégeage de masse », c'est par l'intermédiaire de ces substances, secrétées par des glandes externes et émises périodiquement à des doses infimes dans l'atmosphère, que communiquent entre eux les individus d'une même espèce. Outre les phéromones sexuelles permettant la rencontre des sexes pour l'accouplement, il existe des phéromones dites d'alarmes, d'agrégation... [41].

Le principe du piégeage de masse consiste à perturber la rencontre entre le mâle et la femelle afin d'empêcher l'accouplement et donc la ponte et le développement néfaste des chenilles. Il suffit pour cela de diffuser dans la parcelle à protéger une quantité de phéromone synthétique telle, que les mâles présents soient incapables de reconnaître à travers ce « bruit de fond » le message chimique émis par leurs propres femelles. Les mâles sont alors désorientés et la fréquence des accouplements se trouve fortement diminuée. Puisqu'on intervient avant l'accouplement, on peut parler de méthode de lutte « hyper- préventive » par comparaison avec les traitements chimiques dits « préventifs », qui, en raison de leur activité ovicide doivent être placés juste avant dépôt des premiers œufs ou immédiatement après.

Il a été démontré que l'efficacité du procédé se situait mieux ou au même niveau qu'une protection insecticide bien conduite. Par rapport à des zones non traitées, l'efficacité est de l'ordre de 93% à 96%. Elle ne nécessite qu'un nombre limité de poses de diffuseurs (1 à 3) pendant la saison de reproduction du ravageur et permet de limiter le nombre de traitements chimiques. Par ailleurs, très spécifique, le piégeage de masse respecte l'entomofaune auxiliaire et n'affecte pas les insectes pollinisateurs ni les prédateurs naturels du ravageur [42].

1.3.3.3. Méthode physique.

Selon PANNETON *et al* [43], la lutte physique en protection des plantes regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique, biochimique ou toxicologique. Par opposition, les autres techniques ne sont efficaces que si une interaction est établie entre un processus issu du vivant chez l'ennemi visé (physiologique, comportement, écologie) et l'agent de lutte. Plusieurs techniques de lutte physique ont suffisamment de qualités ou d'avantage pour enrichir l'arsenal de lutte intégrée.

Dans la lutte contre les insectes, la lutte physique peut avoir recours à plusieurs technologies dont certaines mettent en œuvre des méthodes actives : les chocs thermiques (chaleur), les radiations électromagnétiques...etc. L'utilisation des barrières physiques (panneaux englués, filet insect proof) représente la seule méthode passive disponible [44]. Ce sont les plaques en plastique couvertes d'une glu incolore, inodore à action durable. Les plaques jaunes exercent une attractivité sur une large gamme de ravageurs (aleurodes, mouches mineuses, pucerons, thrips, etc....), surtout les ailés. Les plaques bleues sont plus ou moins spécifiques des thrips.

Les dégâts ne sont pas proportionnels à la taille du ravageur. Ils sont liés à l'importance de la population. Pour cette raison, l'évaluation des populations de ravageurs revêt la plus grande importance. Pour chaque espèce, il convient d'établir le seuil de tolérance économique au-delà duquel l'intervention s'impose. Il convient donc de mettre au point des méthodes d'estimation de la population.

Ces méthodes varient selon les espèces, les conditions climatiques et selon le stade du cycle évolutif que l'on veut contrôler ; la plus directe est l'observation visuelle, que l'on fait après avoir défini avec précision des normes conventionnelles (comptage des ravageurs sur un nombre donné de feuilles, par exemple). On utilise également le piégeage, qui revêt les aspects les plus variés.

Dans notre cas, il est recommandé d'utiliser des pièges jaunes et bleus englués. Ces piégeages poursuivis dans le temps, permettent de suivre avec exactitude la dynamique des populations et de prévoir en temps opportun le moment où sera dépassé le seuil de nuisibilité, et où l'intervention active sera nécessaire.

Le principe est toujours le même. A partir d'un nombre de pièges pour une surface déterminée, on évalue l'importance de la population. La référence à des seuils de captures permet de décider d'une intervention.

Les ravageurs ailés sont fortement attirés par la couleur jaune. En général, les pièges jaunes sont suffisants pour nous informer sur les premiers vols et sur l'activité des insectes principalement la mouche mineuse, les aleurodes, les pucerons ailés.

Le piégeage complète les observations directes des plantes. A noter que les pièges bleus englués n'attirent que les thrips qui ne causent pas de dégâts à l'heure actuelle en culture de tomate mais beaucoup plus sur poivron.

Selon MURPHY et FERGUSON [45], la surveillance des pucerons à l'aide de plaquettes jaunes encollées est une méthode très efficace pour le dépistage des pucerons ailés.

Actuellement l'utilisation des pièges adhésifs est généralisée à presque l'ensemble des tunnels. Ils ont contribué à une réduction très importante des populations de nombreux ravageurs surtout les mouches mineuses, les aleurodes et les thrips. SEKKAT *et al* [46] rapportent que 24 plaques bleues ont été installées dans un tunnel de poivron, elles ont capturé, en 1 heure, 5000 thrips adultes. Pour une meilleure efficacité de technique, les plaques doivent être bien exposées, situées généralement au sommet des cultures à protéger et de préférence à proximité des ouvertures. Elles doivent être changées lorsque leur charge en capture devient importante.

Le nombre qu'il faut mettre par tunnel est de 20 à 40 plaques et même d'avantage selon l'importance des infestations. Cependant, il est important de préciser que les plaques ne capturent que les insectes ailés c'est-à-dire les adultes, elles n'exercent aucun pouvoir attractif sur les autres stades [47].

Filets anti-insectes pour la protection des cultures sous abris :

Aujourd'hui l'utilisation de filets contre les insectes est très répandue dans les serres, le filet peut servir d'élément majeur pour la gestion intégrée des insectes nuisibles afin de réduire l'utilisation de contrôle chimique dans les cultures sous abris.

Il existe le filet photo sélectif (Bio Net), il contrôle l'activité des insectes à l'aide d'un double mécanisme : des effets physiques et photo sélectifs. L'idée est de déformer le champ visuel de l'insecte en bloquant certaines longueurs du spectre. Des expériences ont montrée que les barrières mécaniques utilisant des filet ont permis de réduire de 50 à 70% l'usage d'insecticides dans les structures couverts par rapport aux structures ouvertes.

Le filet est une barrière physique contre les insectes nuisibles. Il permet de gérer les populations d'insectes nuisibles et réduire l'usage de pesticides. L'équilibre biologique entre les insectes nuisibles et leurs ennemis naturels peut alors être maintenu et l'on peut améliorer le contrôle biologique des insectes nuisibles en accroissant le nombre d'ennemis naturels.

Dans l'état actuel de gestion de la protection des cultures, la contribution de la lutte physique à la protection intégrée est jugée insuffisante. Pourtant, on dispose de techniques performantes et compatibles avec les stratégies de lutte intégrée ou raisonnée. La lutte physique comporte de nombreux défis scientifiques et techniques que plusieurs équipes de recherche s'appliquent à relever. A mesure que les pressions favorisent l'essor de l'agriculture durable, de nouvelles équipent verront le jour et de nouvelles compagnies se formeront pour développer et mettre en marché ces technologies.

Comme la lutte physique offre des opportunités intéressantes de réduction des pesticides de synthèse, leur développement peut contribuer grandement à l'atteinte des objectifs de réduction des pesticides que se sont fixés plusieurs pays et organismes et dans ce contexte, les organisations responsables devraient supporter activement le développement et l'implantation des méthodes de lutte physique à l'intérieur de programmes de lutte intégrée en phytoprotection [44].

La lutte physique en protection des plantes regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique, biochimique ou toxicologique [43].

1.3.3.4. Méthode biophysique.

C'est une méthode à double fin, elle nécessite l'utilisation de la méthode physique active (le piège lumineux) en combinaison avec la méthode biotechnique qui est l'utilisation du piège à phéromone sexuel.

Pour une culture donnée, le piégeage est le plus souvent utilisé pour évaluer l'importance d'une espèce déterminée difficile à observer par le contrôle visuel. Il faut être très spécifique de l'espèce recherchée (exemple : piège sexuel à phéromones) ou plus polyvalent mais orienté dans son utilisation pour rechercher principalement une espèce (exemple : plaquettes engluées colorées, piège lumineux, piège alimentaire).

1.3.3.5. Méthode biotechnologique.

Un bio pesticide se définit étymologiquement comme tout pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire, organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie par exemple le *Bacillus thuringiensis* [48].

Toutes ces dernières années, les bio pesticides ont été l'objet d'une recherche considérable et de développement des produits. L'intérêt pour les bio pesticides a augmenté en réponse au problème de l'impact des pesticides chimiques à large spectre sur l'environnement, la santé et l'apparition d'une résistance aux pesticides chimiques.

Les bio pesticides sont maintenant considérés comme une composante des systèmes de lutte intégrée, dans lesquels ils constituent une des méthodes de lutte que les agriculteurs peuvent utiliser pour lutter durablement contre les ennemis des cultures, de manière économique et inoffensive pour l'environnement.

L'apport des biotechnologies ouvre des voies jusqu'alors inaccessibles et laisse entrevoir de nouvelles utilisations comme de pouvoir traiter des ravageurs qui ne pourraient être maîtrisés par des pulvérisations d'insecticides classiques. Bien que les introductions en lutte biologique (utilisation des auxiliaires) aient connu beaucoup de succès, plus de 80% des introductions contre les insectes ravageurs ont échoué [34].

1.3.3.5.1. Différents biopesticides.

Les bio pesticides d'origine biologique.

Plusieurs préparations microbiologiques sont commercialisées pour lutter notamment contre les Lépidoptères : noctuelles, pyrales et les tordeuses...etc. Il s'agit principalement :

- De préparations bactériennes (*Bacillus thuringiensis*).
- De préparations virales (Baculovirus de la granulose).
- Et de préparations fongiques (Spores de *Beauveria bassiana*) [49].

Parmi les méthodes de lutte biotechnologiques, les bio pesticides occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie et ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel, ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles.

Les bio pesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, nématodes et d'extraits de plantes [50]. Ils sont généralement compatibles avec les méthodes de lutte biologique classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites), quoiqu'ils puissent avoir des effets néfastes sur les organismes utiles [51] et [52].

La bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis* a été le premier microorganisme homologué dans le monde comme bio pesticide [34].

Les bio pesticides d'origine végétale.

Les biopesticides peuvent être d'origine végétale. D'après JACOBSON [53] les végétaux les plus prometteurs se trouvent parmi les Méliacées, les Rutacées, les Astéracées, les Annonacées, les Abiatées, et les Canellacées. Ces végétaux ont les propriétés remarquables susceptibles de contenir des molécules insecticides. La flore tropicale a certainement développé un arsenal plus diversifié de composés antiappétents, phagorépresseurs ou simplement toxiques face à un nombre de phytophages plus important.

Pour une meilleure gestion de l'agriculture, les biopesticides d'origine végétale constituent le domaine actuellement le plus exploré. Il a été observé que certaines plantes éloignent les ravageurs où diminuaient les attaques. Ainsi, PARMENTIER, en 1773, conseillait d'utiliser ail, raifort, basilic, rue verte... pour lutter contre les punaises.

Les plantes sont particulièrement riches en molécules allelochimiques, qu'on appelait autre fois « composés secondaires des plantes », les molécules allélochimiques agissent chez des individus d'espèces différentes, ils repoussent les prédateurs (substances répulsives, irritantes), donnent un goût désagréable à leur prise alimentaire. Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont répertoriées dans le monde [8].

A l'aide de bio essais simple, les chercheurs ont réussi à isoler et à identifier un grand nombre de composés bioactifs : terpènes, phénols, huiles essentielles, alcaloïdes, etc. Comme l'exemple du Neem, ces propriétés ne sont pas étrangères aux travaux de recherche susceptible de contenir des molécules insecticides, il est sans conteste le produit botanique ayant le plus de succès ces dernières années, tant sur les plans scientifiques que commercial.

1.3.3.6. Méthode biologique.

Elles sont réalisées par les auxiliaires (prédateurs, parasitoïdes, entomopathogènes) soit naturels, soit introduits dans la culture. N'est possible que si la lutte chimique est raisonnée afin d'occasionner le moins de dommage possible aux ennemis naturels.

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes s'attaquant principalement aux ravageurs vivants. En culture de tomate sous serre, ces agents bénéfiques peuvent être classés en trois catégories, les parasitoïdes, les prédateurs et les entomopathogènes.

MILAIR [41] définit les espèces entomophages comme des auxiliaires utiles pour l'agriculture dans la mesure où elles réduisent les populations des espèces phytophages, c'est-à-dire nuisible pour la plante. Les auxiliaires entomophages appartiennent à deux catégories : les prédateurs et les parasitoïdes.

1.3.3.7. Méthode chimique raisonnée.

La lutte chimique a révolutionné notre concept de défense des cultures et cela depuis très longtemps. L'emploi de pesticides agricoles est un complément nécessaire aux autres moyens de lutte. Au bout du compte, la prophylaxie, les interventions localisées ou mécaniques ne seront pas toujours suffisantes pour régler, à elles seules et totalement, l'ensemble des problèmes agro sanitaires.

De leurs côtés, la surveillance de la culture et la quantification du risque de nuisibilité ne concluront pas toujours à la décision de renoncer à tout traitement. Le recours aux pesticides peut donc s'imposer, par nécessité technique ou pour l'assurance d'une régularité de récolte toujours nécessaire dans le système économique actuel.

La lutte chimique raisonnée par le choix du moment d'application (seulement quand les populations d'un ravageur deviennent trop importantes) et par le choix de pesticides les plus inoffensifs possibles pour les auxiliaires. Il convient également de respecter les doses prescrites, le mouillage pour une surface donnée, les délais d'emploi des produits avant récolte et d'alterner les familles chimiques de pesticides pour éviter les phénomènes d'accoutumance.

Lorsque les méthodes indirectes de protection basé sur la prévention ne sont pas suffisantes pour résoudre le problème et que les opérations de prévision et les niveaux de population indiquent une nécessité d'intervention par les mesures de protection directe, la priorité doit être donnée aux mesures ayant un impact minimal sur la santé humaine, les organismes non cible et l'environnement.

Les méthodes biologiques, biotechniques et physiques doivent être privilégiées par rapport aux méthodes chimiques si elles offrent un contrôle satisfaisant.

Les traitements chimiques localisés, c'est le traitement sur une partie de la plante cultivée exemple du traitement contre les acariens tisserands et les aleurodes sur la seule partie de la plante sous serre. Cette technique peut constituer un compromis acceptable entre lutte biologique et lutte chimique impérative.

Le traitement « attracticide » permet de protéger une culture par applications ponctuelles de produit ou par pose de pièges. Dans ce système, la culture n'est pas traitée à proprement parler. L'attracticide est constitué d'un attractif associé à un insecticide classique. L'attractif peut être une phéromone sexuelle attirant les mâles [54].

Dans un programme de lutte intégrée, la détection des attaques précoces limite le nombre d'intervention. Dans la stratégie de protection intégrée certains pesticides peuvent être utilisés. Mais leurs usages doivent être judicieux.

Il est préconisé de choisir les pesticides les plus sélectifs et les moins toxiques aux auxiliaires et les appliquer uniquement quand il le faut et au stade le plus vulnérable de l'organisme nuisible. Des techniques d'application adéquates augmentent l'efficacité des pesticides utilisés et permettent la préservation de la santé des opérateurs.

Une des difficultés de la lutte chimique raisonnée consiste à trouver des pesticides sélectifs vis-à-vis des auxiliaires.

Très peu de matières actives sont homologuées en Algérie et qui peuvent être utilisées dans le cadre d'un système de production et de protection intégrée des cultures maraichères. Au total 06 fongicides et 09 insecticides et acaricides (Tableau 1.2).

Tableau 1.2: Liste des Matières Actives Homologuées en Algérie pouvant être utilisée pour la Production et la Protection Intégrée (PPI).

Type	Matière active	Nom commercial	Maladies / ravageurs
Fongicides	Cuivre de sulfate (neutralisée à la chaux éteinte)	- Bio cuivre - Bouillie bordelaise - Copper de sulfate	- Chancre bactérien - Gale bactérienne - Mildiou
	Iprodione	- Ippon - Rovral 50WP	- Alternariose - Botrytis
	Fenhexamid	- Teldor	- Botrytis
	Tolyfluanid	- Euparen M	- Botrytis. - Mildiou
	Dazomet	- Dacron	- Fonte de semis
	Soufre micronisé	- Microthiol spécial - Thiovit jet	- Oïdium
Insecticides / Acaricides	Abamectin	- Vertimec	- Acariens - Mineuse - Mouche mineuse - Thrips.
		- Romectin	- Mineuse - Mouche mineuse.
		- Abactin 1,8 EC	-Thrips
	Bifenthrine	- Baton 100EC - Tristar	- Mouche blanche - Noctuelle
	Buprofézine	- Applaud	- Mouche blanche
	Oxamyl	- Vydate .L.	- Mouche blanche - Mineuse - Mouche mineuse.
		- Nematex	- Mineuse - Mouche mineuse.
	Spinosad	- Tracer	- Mineuse (<i>Tuta absoluta</i>)
	Dazomet	- Dacron - Besamid granulé	- Némathodes
	Bacillus thuringiensis	- Dipel - XenTari	- Noctuelles
Pyrimicarbe	- Pirimate - Strifox	- Pucerons	
	Fenbutatin oxyde	- Torque S	- Acariens

CHAPITRE II

MALADIES ET RAVAGEURS DE LA TOMATE SOUS ABRIS

2.1. Introduction.

Les serres procurent un environnement idéal à la croissance des plantes, du fait du contrôle des facteurs climatiques et agronomiques (température, humidité, ensoleillement, composition gazeuse de l'air, irrigation et fertilisation). Les cultures y sont protégées des facteurs extrêmes (gel, forte chaleur, vent, grêle, etc.). Ces conditions de croissance, optimales pour les plantes, le sont également pour un certain nombre de ravageurs de ces cultures.

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

Pour plus de détails sur les Principaux désordres physiologiques, maladies et ravageurs de la tomate sous abris, voir ci-joint le manuel et le CD didactique qui ont été réalisés par Melle S. BAIRE, Ingénieur agronome et coopérante APEFE en collaboration avec F. AMIROUCHE et T. KESTALI, Ingénieurs agronomes de l'ITCMI, dans le cadre du projet de coopération algéro-belge intitulé « Production et Protection Intégrée des cultures sous abris » (Juin 2007- Juin 2010).

2.2. Maladies et ravageurs de la tomate sous abris.

Tableau 2.1: Importance des ravageurs et maladies de la tomate sous abris rencontrés durant la campagne 2008/2009 au niveau de la station expérimentale de staoueli (ITCMI).

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

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

La mineuse, aleurodes, acariens et le botrytis sont considérés comme les ennemis les plus importants de la tomate sous abris à L'ITCMI de Staoueli, Les périodes critiques se situent généralement en automne et au printemps début d'été.

2.2.1. Maladies d'origines telluriques.

Les maladies provoquées par les organismes d'origine tellurique, c'est-à-dire par les organismes qui vivent dans le sol et pénètrent dans la plante au niveau des organes souterrains, provoquent des dégâts importants dans de nombreuses cultures. L'importance de ces dégâts est difficile à chiffrer car le diagnostic de ces maladies est rendu délicat par le fait que nous n'avons pas un accès direct aux organes souterrains des plantes et que les symptômes de fonte de semis, de jaunissement, de flétrissement de la plante peuvent avoir des causes multiples.

La fréquence accrue de ces maladies, relevée par de nombreux observateurs, est certainement une conséquence de l'intensification de la production agricole et de la simplification des techniques culturales [85].

2.2.1.1. Principaux pathogènes telluriques de la tomate.

- Sclerotinia est un agent pathogène dont les trois principales espèces (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Scelerotinia minor* et *Scelerotinia trifoliorum*) attaquent de nombreuses plantes. Il est à l'origine de la pourriture blanche, maladie qui se traduit par l'apparition de taches d'aspect huileux à la surface des organes atteints. Une pourriture humide s'y développe, recouverte rapidement par un feutrage blanc plus ou moins épais, caractéristique de l'affection [56]. Selon les espèces de Sclérotinia, différents organes peuvent être atteints : racine, collet, tige, feuille, bourgeons ou fleur. La durée de vie des scléroties dans le sol peut atteindre une dizaine d'années [57].

- Pythium comporte de nombreuses espèces pathogènes et joue notamment un grand rôle dans les fontes de semis en culture maraîchère. La conservation du champignon dans le sol se fait sous forme d'oospores pendant plusieurs années, ces organes pouvant notamment résister au gel et à la dessiccation. Ces champignons sont toute fois très sensibles à la compétition avec d'autres microorganismes [56].

- Phytophthora est un genre comprenant une soixantaine d'espèces, presque toutes pathogènes. Certaines sont très polyphages (*Phytophthora cinnamomi* ou *Phytophthora palmivora*). D'autres, comme *Phytophthora parasitica* et *Phytophthora capsici*, sont inféodées à quelques hôtes seulement. Ces champignons ne sont jamais des pathogènes secondaires [58].

Si un *Phytophthora spp* est isolé à partir d'une plante, il est certain qu'il est impliqué dans l'étiologie de la maladie. Les symptômes provoqués par ce microorganisme sont très variés : fontes de semis, pourriture sur racine, tubercule et fruit, chancres du collet et du tronc, brûlure sur feuille et flétrissement [59].

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

Certaines sont très spécifiques comme les nématodes à kyste et d'autres très polyphages par exemple *Mélodogyne hapla* qui peut se développer sur plus de 5600 cultures ou adventices [60].

Depuis longtemps, de nombreuses recherches ont été effectuées pour trouver des moyens de protection qui ne fassent pas appel aux traitements chimiques. C'est ainsi que plusieurs gènes de résistances ont été trouvés. Aujourd'hui, pour différentes cultures, les producteurs disposent de variétés résistantes (tomate). Néanmoins pour le gène le plus connu (Mi) qui confère la résistance aux nématodes à galles de la tomate et contrôle les populations de *Mélodogyne*, on observe de plus en plus des cas de développement de population naturellement résistants (Race B) ou de contournement de la résistance par des souches virulentes, sans compter le problème de stabilité de la résistance [61].

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

Les trachéomyoses sont deux maladies vasculaires causées par des champignons phytopathogènes : la fusariose due à *Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici radicis* (Sacc.), *Fusarium solani* et la Verticilliose due à *Verticillium dahlia* (Kleb.) et *Verticillium albo atrum* (Reinke et Berth). Ces deux maladies se rencontrent dans les différentes régions productrices de la tomate.

Les symptômes des deux maladies sont similaires et seul un isolement au laboratoire permet l'identification de l'agent causal. Les deux maladies se manifestent d'abord par un flétrissement et/ou un jaunissement des feuilles de la base et progressent vers le haut, ces symptômes sont parfois unilatéraux. Les feuilles se dessèchent et la plante meurt précocement. Une coupe de la tige montre un brunissement des vaisseaux qui est plus prononcé dans le cas de la fusariose. La fusariose est généralement plus agressive que la verticilliose.

Les deux champignons peuvent survivent dans le sol pendant plusieurs années sous forme de chlamidospores (fusariose) ou de microsclérotés (verticilliose). Elles s'attaquent d'abord aux racines puis progressent rapidement vers le haut.

La dissémination est assurée par les poussières des sols contaminés, par l'eau d'irrigation, par contact des racines et par les outils. La fusariose est favorisée par des températures élevées (28°C) et une humidité relativement basse. La verticilliose se développe à des températures relativement fraîches (20 à 23°C). Le développement des deux maladies est favorisé par une salinité élevée du sol et les plantes semblent être particulièrement sensibles lorsqu'elles manquent d'azote, de phosphore et de calcium.

Le mycélium colonise les tissus corticaux, puis pénètre dans le cylindre central des racines, avant d'envahir l'ensemble des vaisseaux. L'infection entraîne un jaunissement des feuilles, d'abord unilatéral puis généralisé, et aboutit au flétrissement, au dessèchement et enfin à la mort des plantes [62].

Le verticillium est présent sur de nombreuses espèces maraîchères. Le mode de transmission de la maladie à longue distance se fait principalement par les semences (pollution superficielle des graines).

La durée de survie des microsclérotés en l'absence des plantes hôtes varie de 4 à 14 ans [63]. Au champ, on observe une répartition par foyer de tailles variables. Chez la tomate, les attaques se traduisent par l'apparition d'un jaunissement unilatéral des feuilles suivi d'un flétrissement [64].

2.2.2. Maladies d'origine non telluriques.

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

En effet, la serre est un milieu très propice au développement des pathogènes. Pour lutter contre les maladies provoquées par ces organismes, la protection intégrée est largement utilisée depuis plusieurs années. Elle consiste à associer différents moyens de lutte en réservant l'usage des produits chimiques aux situations pour lesquelles, il n'existe pas d'autres solutions ; elle intègre les moyens naturels de protection des cultures comme la lutte biologique intégrée, l'action sur les facteurs climatiques sous serre et les techniques culturales.

2.2.2.1. Mildiou : (*Phytophthora infestans* Mont de Bary).

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

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

En temps froid et humide, le mildiou se développe rapidement, c'est un champignon polycyclique et peut être épidémique. Une fois installée, la maladie est difficilement maîtrisable.

En conditions favorables, les spores sont produites en grande quantité et sont disséminées par le vent et la pluie. La contamination aura lieu en présence d'eau libre et des températures relativement basses. Le développement de la maladie est favorisé par une humidité relative élevée supérieure à 90% et des températures comprises entre 18 et 22°C.

2.2.2.2. Pourriture grise : (*Botrytis cinerea* Pers).

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

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

Sur tige, le champignon se développe généralement à partir des blessures causées lors de l'effeuillage, de l'ébourgeonnage ou du tuteurage, les fructifications conidiennes sont de couleur gris beige légèrement déprimés avec un duvet grisâtre.

Sur fruit, on observe une pourriture molle avec affaiblissement des tissus qui débute généralement au niveau des sépales ou pétales desséchés. Sur fruit encore vert, on peut observer des anneaux circulaires blanchâtres appelés taches fantômes.

Le champignon est très polyphage, il attaque de nombreuses plantes et colonise rapidement les tissus sénescents. Il se conserve sur les débris de végétaux malades et dans le sol sous forme de mycélium, de conidies ou de sclérotés.

En conditions favorables, les conidies disséminées par l'eau, par le vent ou par les outils de taille...etc. contaminent les tissus sénescents ou les organes blessés. Le développement de la maladie est favorisé par une humidité relative supérieure à 90%, des températures comprises entre 17 et 23°C et une mauvaise aération des serres.

2.2.2.3. Oïdium : (*Leveillula taurica*).

Occasionnellement *Erysiphe orontii* ou *E.cichoracearum*

L'oïdium est une maladie très commune de la tomate. Elle peut se développer toute l'année dans les différentes régions productrices de la tomate. La maladie attaque uniquement les feuilles. Les premiers symptômes apparaissent souvent sur les feuilles âgées, il se présente sous forme de taches jaunes de taille variable sur la face supérieure et finissent par se nécroser. Sur la face inférieure, apparaît un feutrage blanc. Ces taches peuvent être angulaires et sont limitées par les nervures (attention confusion possible avec la cladosporiose). En cas de forte attaque, les feuilles finissent par se détacher ce qui peut affecter les rendements.

La maladie se conserve d'une saison à l'autre sur les plantes adventices et cultivées principalement la tomate. La dissémination de la maladie est assurée par le vent. Les spores germent à la surface des feuilles et le mycélium colonise l'intérieur des tissus. Le développement de la maladie est par une humidité relative comprise entre 50 et 70% et une température entre 20 et 25°C.

Le champignon est très polyphage, il s'attaque à de nombreuses plantes cultivées appartenant à la famille des solanacées, des composées, et des légumineuses et de nombreux adventices.

2.2.2.4. Alternariose : (*Alternaria solani* Ell et Mart.), *Alternaria dauci*

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

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

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

Ces lésions provoquent un dessèchement total de la feuille quand elles sont nombreuses. Sur fruit, la maladie se manifeste par une nécrose noire débutant souvent à partir de la cicatrice pédonculaire.

Le champignon se conserve sur les débris des végétaux, dans le sol ou sur les semences. La dissémination de la maladie se fait principalement par le vent, la pluie, les insectes et par les outils de travail. Le développement de la maladie est favorisé par une humidité relative élevée et des températures proches de 25°C.

Une nouvelle espèce a été identifiée sur tomate au niveau de la station de staoueli, il s'agit d'*Alternaria alternata*.

2.2.2.5. Cladosporiose : (*Fulvia fulva* Cooke), *Cladosporium fulvum*

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

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

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

Une fois que l'infection primaire est présente, la maladie se propage rapidement dans la serre. Les conidies se dispersent facilement dans l'air et l'eau, sur les travailleurs qui circulent dans la culture et avec les insectes.

Le champignon se conserve sous forme de conidies, sclérotés ou de mycélium sur les débris des plantes, dans le sol ou sur les structures des serres.

En conditions favorables, les spores sont disséminées par les courants d'air et envahissent les tissus de la tomate. Les conditions les plus favorables aux contaminations sont des températures comprises entre 20 et 25°C, avec une mauvaise aération de la serre.

2.2.3. Maladies bactériennes.

Elles sont responsables de bactérioses qui se traduisent par différents types de symptômes :

- des nécroses (gales bactériennes de la tomate),
- des flétrissements,
- des pourritures molles.

Sur la culture de tomate sous abri, on rencontre différents types de maladies bactériennes :

2.2.3.1. Moucheture de la tomate : (*Pseudomonas syringae pv.tomato* Okabe).

C'est la maladie la plus répandue et la plus rencontrée sur les cultures de tomate sous serre au niveau de l'ITCMI de Staoueli.

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

Sur fruit, des petites lésions superficielles brunes circulaires apparaissent, elles peuvent entraîner sa déformation et donc une dépréciation commerciale.

La semence constitue une source de contamination et de dissémination de la maladie. La bactérie peut survivre et se maintenir sur la plante sans manifester de symptômes. Le développement de la maladie est favorisé par une humidité relative élevée et des températures d'environ 20°C et en particulier la présence d'un film d'eau sur les organes de la plante.

2.2.3.2. Gale bactérienne : (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Diodge).

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

La maladie est transmise par la semence. Elle est favorisée par des températures assez élevées (optimum 25°C) accompagnées de pluies. La pénétration dans les tissus se fait par les ouvertures naturelles ou par des blessures accidentelles. La bactérie se conserve dans les débris des récoltes.

2.2.3.3. Moelle noire : (*Pseudomonas corrugata* Roberts et Scarlette).

La maladie se manifeste principalement par une décoloration brunâtre et/ou une nécrose de la moelle. Aux premiers stades, la maladie peut être confondue avec le chancre bactérien. Les feuilles du sommet de la plante flétrissent, jaunissent avec un brunissement et enroulement des bordures. Sur tige, la maladie se manifeste sous forme de lésions noires, la moelle devient brun sombre et contient des cavités creuses. Parfois, on peut observer au niveau des blessures, un exsudat bactérien blanchâtre. La nécrose de la moelle peut s'étendre jusqu'aux pédoncules.

2.2.3.4. Chancre bactérien : (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* David).

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

La coupe longitudinale de la tige permet de montrer un fil blanchâtre, jaunâtre ou brunâtre au niveau des tissus vasculaires. La décoloration de la moelle et son détachement des tissus vasculaires constitue deux critères d'identification de la maladie. La décomposition du cortex et du tissu profond entraîne la formation de chancres ouverts.

Sur les fruits, se forment souvent des petites taches blanchâtres dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair. Les semences constituent la principale source de contamination. La bactérie se conserve dans les débris de végétaux. La dissémination de cette maladie à partir d'un plant malade commence dès la pépinière et se fait par les pratiques culturales (transplantation et effeuillage).

2.2.4. Maladies virales.

Ils provoquent des viroses dont les symptômes sont variés :

- Décolorations du feuillage (mosaïque).
- Enroulements des feuilles.
- Déformations et nanisme.
- Marbrures des fruits.
- Nécroses.

Toutes les parties de la plante peuvent exprimer des symptômes de maladies virales.

Sur la culture de tomate sous serre, on rencontre différentes maladies virales dont les plus importantes sont :

2.2.4.1. Virus des feuilles jaunes en cuillère : (TYLCV) Tomato Yellow Leaf Curl Virus.

La maladie des feuilles jaunes en cuillère est considérée parmi les maladies les plus graves de la tomate. Actuellement elle est rencontrée dans la plupart des régions productrices de la tomate sous serre et en plein champ, la maladie est transmise par la mouche blanche.

Le développement de la plante est bloqué, les folioles sont de taille réduite, les entre nœuds raccourcis. Un nanisme s'observe quand l'infection est précoce. Dans certains cas, seules les parties apicales présentent des symptômes d'enroulement, les étages inférieurs ne présentant aucun symptôme.

Cette virose est économiquement préjudiciable, en effet, la plante ne produit plus de fruits et ceci malgré une floraison parfois abondante. Suivant l'âge de la plante, la date d'infection ou la charge virale inoculée, les symptômes sont plus ou moins prononcés [65].

2.2.4.2. Virus de la mosaïque du concombre : (CMV).

Les symptômes de la maladie sur tomate varient selon la source du virus. Pour certaines souches, on peut observer un rétrécissement prononcé des feuilles qui deviennent dans le cas extrême filiformes. Elles peuvent présenter aussi une mosaïque verte. D'autres souches provoquent des nécroses sur les feuilles, les pétioles et la tige. Ces nécroses peuvent entraîner un dessèchement total de la plante.

Les fruits sont de petite taille avec un aspect boursoufflé. La gravité de la maladie dépend énormément du stade d'infection de la plante. En cas d'attaque précoce, les plantes restent naines. Le CMV est un virus très polyphage et il est transmis par les pucerons dont *Myzus persicae* et *Aphis gossypii* selon le mode non persistant. Le virus se conserve sur les plantes spontanées.

2.2.4.3. Virus de la mosaïque du tabac : (TMV) et le virus de la mosaïque de la tomate : (TOMV).

Ces deux virus appartiennent au groupe des Tobacovirus et causent des symptômes similaires. Ils se caractérisent par un éclaircissement des nervures puis apparaît une mosaïque vert clair et vert sombre. Les parties vert sombre peuvent être cloquées. Les feuilles deviennent légèrement filiformes. Les plantes attaquées à des stades jeunes restent petites (Nanisme).

Les symptômes peuvent varier selon la souche du virus, la période d'infection, la variété, et les conditions de l'environnement. Les deux virus sont très stables et la transmission est assurée par contact lors des différentes pratiques culturales, par les outils et par les semences. Il se conserve dans les graines, les débris des végétaux et le sol.

2.2.4.4. Virus Y de la pomme de terre : (PVY).

Les symptômes provoqués par le PVY sur tomate dépendent de la souche du virus, de la variété de la tomate, de l'âge de la plante et des conditions climatiques. Ils peuvent se traduire par une marbrure très discrète et une faible déformation sur les feuilles ou par des nécroses brunes entre les nervures des feuilles avec des stries nécrotiques au niveau de la tige. La croissance des plantes est très ralentie.

Le PVY appartient au groupe des potyvirus et attaque essentiellement les solanacées. Il est transmis par les pucerons essentiellement *Myzus persicae* et *Aphis gossypii*.

2.2.5. Ravageurs.

2.2.5.1. Aleurodes : Principalement : (*Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporarium*)

Ces insectes sont des ravageurs de première importance, notamment suite aux viroses qu'ils peuvent transmettre [66]. Les espèces les plus fréquentes sont :

Trialeurodes vaporariorum et *Bemisia tabaci*, principalement sur tomate et cucurbitacées. Récemment une nouvelle espèce a été signalée sur solanacées ; il s'agirait d'*Aleurotrachelus trachoides*, originaire de la région américaine [67].

Les aleurodes sont des espèces très polyphages. Les dégâts directs se produisent suite au prélèvement de la sève et la production du miellat qui favorise le développement de la fumagine. L'activité photosynthétique se trouve alors perturbée. Le grand danger des mouches blanches réside dans la transmission de maladies virales principalement la maladie des feuilles jaunes en cuillère (TYLCV).

Cette maladie peut causer des dégâts considérables [68] et [69]. La mouche blanche est comme le problème le plus important de ce type de culture dont le développement a été ralenti en raison des dommages occasionnés par cet insecte. Il a été également prouvé qu'une pulvérisation quotidienne des cultures n'empêchait pas la mouche de propager le virus [69].

Les mouches blanches se développent à des températures variant de 10°C à 32°C ce qui leur confère des possibilités de se maintenir et se multiplier presque toute l'année en culture de tomate sous serre [70].

Les deux espèces (*Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*) sont faciles à distinguer à tous les stades de leur développement mais elles diffèrent par leur caractéristiques biotiques. Les études menées simultanément sur les deux espèces [71] ont mis l'accent sur deux facteurs importants agissant sur ces caractéristiques : la plante nourricière et la température d'élevage.

Le développement des stades pré imaginaires de *Bemisia tabaci* est fortement ralenti à des températures de 17°C constant et est accompagnée d'une mortalité importante (76%). A une température de 27°C, la durée de développement totale de *Bemisia tabaci* est inférieure à celle de *Trialeurodes vaporariorum*. A noter que les seuils de développement minimal de *Bemisia tabaci* et de *Trialeurodes vaporariorum* sont respectivement de 13-14°C et 8-9°C [71].

A la température de 22°C constant, les femelles de *Bemisia tabaci* vivent en moyenne 33,2 jours, pondent 163,9 œufs dont 125,9 donneront un adulte en fin de développement. La littérature donne pour *Trialeurodes vaporariorum* des résultats très variable en fonction de la plante hôte. Il en ressort néanmoins que la longévité et la fécondité des femelles de *Trialeurodes vaporariorum* sont supérieures à celles de *Bemisia tabaci* à la température de 22°C [72].

La longévité des femelles de *Trialeurodes vaporariorum* diminue néanmoins plus rapidement avec l'élévation de la température [72] que pour *Bemisia tabaci* [73] et [71].

Ces valeurs confirment la meilleure adaptation de *Bemisia tabaci* aux températures élevées par rapport à *Trialeurodes vaporariorum*. A 21°C, la durée d'une génération de l'aleurode de serres, *Trialeurodes vaporariorum* est d'environ 30 jours [72], tandis que le temps de déboulement de l'effectif d'une colonie de pucerons est de 2,4 à 2,7 jours pour *Macrosiphum euphorbiae* [74].

Tableau 2.2 : Classification de l'Aleurode d'après RYCKEWAERT [75].

Nom commun	Ordre/ Famille	Nom scientifique	Plantes/ Parties attaquées
Aleurode du tabac	Hemiptera / Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Cultures maraîchères/ feuilles
Aleurode des serres		<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Cultures maraîchères/ feuilles
Aleurode des solanacées		<i>Aleurotrachelus trachoides</i>	Solanacées, Convolvulacées/ feuilles

2.2.5.1.1. Reconnaissance et éléments biologiques.

Les mouches blanches passent par six stades de développement : un stade œuf, quatre stades larvaires dont le quatrième appelé aussi puparium et un stade adulte.

L'œuf est allongé, d'environ 0,25 mm de long avec un pédicelle et de couleur jaune qui vire au brun juste avant éclosion. Les œufs sont déposés isolément ou en groupe à la face inférieure des feuilles. La taille de la larve est de 0,2 à 0,5 mm. La forme et la couleur sont variables selon l'espèce. La larve de *Bemisia tabaci* se différencie de celle de *Trialeurodes vaporariorum* par une couleur plus jaune.

Le puparium est de 0,5 à 1 mm de long avec des yeux rouges apparents. C'est à ce stade que la différenciation est plus facile entre les deux espèces. Celui de *B. tabaci* a de fines et courtes soies et des cotés obliques alors qu'ils sont droits avec des soies plus grandes pour *T. vaporariorum*. Les adultes sont des insectes piqueurs suceurs, de 1 à 2 mm de long et de couleur jaune recouvert d'une poussière très blanche.

L'adulte de *B. tabaci* est légèrement plus petit, les ailes au repos, sont collées au corps verticalement sous forme de toit avec une fente qui les sépare. L'adulte de *T. vaporariorum* garde ses ailes aplatis sur le dos et sans espace entre elles.

La ponte s'effectue à la face inférieure des feuilles du tiers supérieur de la plante. A la sortie, le premier stade se déplace légèrement pour s'alimenter avant de s'immobiliser en perdant ses pattes au cours de la mue. Les autres stades, sessiles, durent chacun quelques jours. Le stade puparium nécessite une à deux semaines avant de se métamorphoser en adulte.

2.2.5.2. Mouches Mineuses.

Les principales espèces rencontrées sont *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach) et *Liriomyza trifolii*. (Burgess).

Les dommages causés par les mouches mineuses sont de deux ordres :

Les dégâts directs sont occasionnés par la pourriture des larves à l'intérieur des feuilles et par les piqûres nutritionnelles des adultes. Une forte densité de mines peut considérablement réduire la photosynthèse et assurer une dessiccation et une chute prématurée des feuilles même sur les plants adultes alors qu'un nombre élevé de piqûres nutritionnelles est fort préjudiciable pour les jeunes plants de pépinières.

Les dégâts indirects sont représentés par la possibilité de vection de viroses par les adultes de *Liriomyza* sur céleri et pastèque [76].

Peu de travaux ont été réalisés pour mettre en évidence une relation entre le nombre de mines par feuille et les pertes de rendements. Une première approche du seuil de nuisibilité a été réalisée par LEDIEU et HELYER [77], qui le fixe à 15 mines par feuille pour *Liriomyza bryoniae* si les feuilles sont adjacentes au fruit. Une corrélation élevée a été obtenue entre le rendement d'un bouquet et le pourcentage de mines présentes sur les feuilles surplombant le bouquet par WYATT *et al* [78].

La chute de rendement est directement liée au nombre de mines (30 mines / feuilles correspond à 10% de pertes ; 60 mines par feuille correspond à 20% de perte).

Il a pu être démontré par JOHNSON *et al* [79], que les taux de photosynthèse sont considérablement réduits dans les feuilles présentant de nombreuses mines de *Liriomyza*.

On se sert de pièges jaunes englués pour la surveillance hebdomadaire du vol des adultes. En hiver, on utilise des lampes insecticides pour la surveillance des ravageurs. Il faut vérifier la culture pour dépister la présence de galeries et de cloques sur les feuilles, ainsi que celle de trous d'entrée et d'excréments ou de sciure autour du calice. La présence des papillons adultes dans les pièges ou les dommages, vont déclencher une intervention antiparasitaire.

Au milieu des années 80, deux auxiliaires furent utilisés en France en protection biologique intégrée contre les mouches mineuses : *Dacnusa sibirica*, endo-parasitoïde se développant à l'intérieur de l'asticot, et *Diglyphus isaea*, ectoparasitoïde, restant fixé à l'intérieur. Remarquable pour leur efficacité, ils permirent de contrôler rapidement les mouches mineuses, en plus une réduction du nombre de traitements insecticides améliorerait considérablement l'efficacité des auxiliaires et de ce fait le niveau de la protection des cultures [80].

2.2.5.3. Pucerons.

Principalement : *Aphis gossypii* (Galver) ; *Aphis fabae* ; *Myzus persicae* (Sulzer) ; *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) ; *Aulacorthum solani*.

Les différentes espèces se distinguent selon les critères morphologiques, mais aussi grâce à la connaissance de la plante sur laquelle elles ont été observées et les dégâts qu'elles y ont éventuellement causés. Cette identification est indispensable si l'on veut mener une lutte à l'aide d'auxiliaires, notamment sous serre.

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

Parmi les symptômes de l'infestation, citons l'accumulation de miellat et la présence d'exuvies blanches sur les feuilles, les tiges et les fruits. Même s'ils sont relativement peu nombreux, les pucerons peuvent causer des pertes économiques importantes en détruisant les fleurs quand ils s'alimentent et en déposant le miellat sur les fruits.

Le miellat sert de nourriture à la fumagine qui à son tour empêche la lumière de pénétrer, interrompt la photosynthèse et abaisse la qualité des fruits. De graves infestations de pucerons provoqueront la chute des feuilles, un rabougrissement et une déformation du plant. Les colonies denses de pucerons affaiblissent les plantes en prélevant la sève dont ils se nourrissent et provoquent des déformations des feuilles. Parfois, leur seule présence, même en l'absence de dégâts, entraîne la dévalorisation de certains légumes comme la laitue.

Les pucerons produisent également un miellat sur lequel se développent des champignons noirs ou fumagines, qui entravent la photosynthèse des plantes.

De plus, ils sont capables de transmettre des virus aux plantes. Les pucerons se multiplient extrêmement rapidement et se dispersent facilement sur de longues distances. Le temps de génération est rendu très court grâce à un mode de reproduction sans sexualité (parthénogenèse) et à une viviparité. A la belle saison, une semaine seulement suffit au développement complet d'une génération [81].

La surveillance des pucerons dans la serre repose sur deux stratégies différentes :

1/ Observation visuelle : Se doter d'un calendrier prévoyant des séances périodiques afin de repérer les adultes aptères. Rechercher des pucerons et des petits flocons, qui sont les dépouilles laissées par les pucerons après la mue. Les infestations initiales surviennent habituellement en des points isolés à l'intérieur de la serre, mais peuvent se propager rapidement à d'autres zones si on ne prend pas garde.

Dans le cas de fortes infestations, les feuilles sont luisantes et collantes au toucher, parce qu'elles sont alors maculées de miellat. Comme le miellat attire les fourmis, la simple présence de fourmis peut suggérer une infestation par des pucerons. Les différentes espèces et variétés de végétaux ne présentent pas toutes le même attrait pour les pucerons. Pour un dépistage précoce, utiliser comme plantes sentinelles, les plantes qui attirent les pucerons. Leur utilisation accélérera les opérations de dépistage et les rendra plus efficaces.

2 / Surveillance des pucerons à l'aide des plaquettes jaunes encollées
Cette méthode est très efficace pour le dépistage des pucerons ailés.

2.2.5.4. Acariens.

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

Les acariens font partie des Arachnides comme les araignées. Par rapport aux insectes, ces arthropodes n'ont jamais d'ailes, le corps est plus ou moins séparé en deux parties (le céphalothorax et l'abdomen) et ont normalement 4 paires de pattes, mais certains acariens en ont moins. On distingue trois grands groupes d'acariens ravageurs : les tarsonèmes et les phytptes. Il existe aussi des acariens prédateurs pouvant jouer un rôle important dans la lutte biologique [82].

Tetranychus urticae présente plusieurs générations par an (sept à neuf) parfois plus dans les serres. Il passe l'hiver à l'état de femelles abritées dans des cachettes variées : débris des végétaux, crevasses du sol, structure des abris.

Après l'éclosion des œufs, le développement de *Tetranychus urticae* comporte avant l'état adulte trois formes différentes qui s'immobilisent chaque fois un certain temps avant de muer.

Le développement de *Tetranychus urticae* est favorisé par les températures élevées et par la faible hygrométrie qui règne parfois dans les abris. Les dégâts de tétranyques peuvent se confondre avec ceux de certains thrips et il faut vérifier la présence de l'un ou de l'autre.

Les acariens se dispersent lentement et de proche en proche d'une plante à l'autre, mais sont facilement transportés par le vent, les animaux, les vêtements... De la sorte, ils se développent au départ généralement d'un foyer.

2.2.5.5. Thrips.

Principalement : *Thrips tabaci* (Lindeman) ; *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

La principale espèce qui cause des dommages en serre est le thrips (*Frankliniella occidentalis*). Cette espèce, dont les adultes mesurent environ 0,75 mm de long, est de couleur jaunâtre et son stade de pupe se fait dans le sol [83].

La durée du cycle de développement varie en fonction de la nourriture et de la température (environ 19 jours à 20°C pour *Frankliniella occidentalis*). Les œufs, les larves et les adultes se développent sur le végétal, alors que la nymphose a lieu dans le sol ou à la surface dans des abris divers. Si les conditions sont favorables, la reproduction a lieu toute l'année. En situation non abritée, les femelles hivernent généralement dans le sol.

Les dégâts sont essentiellement provoqués par la prise de nourriture sur les organes végétaux (feuilles, fruits...). Les cellules mortes perdent leur coloration et forment des plages argentées. Les effets indirects peuvent être graves, car ces espèces sont susceptibles de transmettre le virus de la mosaïque bronzée de la tomate (TSWV), dommageable à de nombreuses cultures, notamment tomate, poivron, laitue,... [81].

Pour un dépistage, on utilise des pièges collants bleus ou jaunes (les bleus sont plus efficaces) à raison de 1 par 50 plants placés au-dessus de la plante. Lorsque les plants sont trop hauts, on place les pièges dans l'allée pour qu'ils soient bien visibles aux thrips.

Au printemps et en été, les thrips envahissent les serres en provenance de l'extérieur par les fentes et la ventilation. Comme l'insecte est minuscule, il est pratiquement impossible de l'empêcher d'entrer avec les insectes-proof habituelles, il faut des moustiquaires très fines qui empêchent les thrips de passer.

Les deux espèces de thrips peuvent causer des dommages économiques dans les serres de tomate mais dans nos conditions actuelles, ils sont beaucoup plus rencontrés sur poivron, rosier que sur tomate. Ils se nourrissent en perforant la surface des feuilles et en suçant le contenu des cellules végétales. On observe la formation de stries ou de taches blanc argenté sur les feuilles, ainsi que des dépôts foncés d'excréments.

Sur les fruits, on constate la présence de mouchetures argentées. Les dégâts causés sur la tomate par les thrips commencent habituellement sur les feuilles inférieures et s'étendent lentement vers le haut du plant. S'ils sont prononcés, ils réduisent la photosynthèse, abaissant ainsi les rendements.

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

Une nouvelle espèce est signalée pour la première fois en Algérie en mars 2008 dans la région maraîchère de Mostaganem. Il s'agit d'un microlépidoptère, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Figure 2.1).

Cette mineuse a été observée sur les cultures de tomate sous abris et en plein champ, puis elle s'est propagée dans les régions côtières d'Oran, Tipaza, Biskra et Jijel, elle a gagné du terrain depuis son apparition et son aire de présence en Algérie et dans le monde s'est agrandie. Elle a été la cause de destruction spectaculaire des cultures de tomate qui peuvent atteindre 100% [84].

Cette espèce décrite initialement sous le nom de *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917), a été classée plus tard dans le genre *Scrobipalpuloides* en 1987 ; bien que la proposition du nom exacte à retenir soit *Tuta absoluta* [85] et [86], le nom de l'auteur le plus utilisé reste Meyrick [87].

Tuta absoluta Meyrick, est un ravageur d'origine du sud - d'Amérique qui est signalé dans plusieurs pays d'Amérique latine (Argentine, Brésil, Chili, Pérou....). Sa principale plante hôte est la tomate mais peut aussi s'attaquer à l'aubergine et à la pomme de terre [88].

Cette mineuse des feuilles a été trouvée aussi sur solanacées adventices (morelles, etc....). Il faut certes surveiller les tomates en priorité car le ravageur est particulièrement nuisible sur cette culture, mais ne pas négliger les autres solanacées : pomme de terre et aubergine sûrement, mais que dire des solanées ornementales. *Tuta absoluta* n'est pas présente en haute altitude (plus de 1000 m), les températures basses sont les facteurs limitant de survie [89].

En 2004, *Tuta absoluta* est introduit dans la liste des insectes de quarantaine [86].

Des foyers d'infestation sur tomate viennent d'être signalés dans la zone de l'Union Européenne date fin 2006. Elle a été mise en évidence en Espagne dans la province agricole de Castellon (Valence) [90].

C'est la larve qui occasionne des dégâts en creusant des galeries dans les feuilles (Figure 2.2), tiges et fruits (Figure 2.3) des plantes engendrant d'importantes pertes économiques. La forte capacité reproductive des adultes (12 générations/an) [91], ainsi que leur rapidité de propagation et d'adaptation à travers le monde, en a fait le sujet de préoccupation majeur en Algérie et dans le monde pour l'année 2009 et 2010 en culture de tomate.

Tuta absoluta est un insecte de grandes potentialités de reproduction, lorsque les conditions environnementales et la nourriture sont disponibles, l'insecte possède 10 à 12 générations par an et le cycle biologique complet dure 29 à 38 jours selon les conditions ambiantes [92].

Des études sont munis en Chili montrent que le développement peut durer 76,3 jours à la température de 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C [93].

Selon ESTAY [94], la durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte est en fonction de la température selon le tableau ci-dessous :

Tableau 2.3 : Durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte [94].

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

2.2.5.6.1. Reconnaissance et éléments biologiques.

La mineuse de la tomate traverse quatre stades de développement (œuf, larve, nymphe et adulte). Son cycle biologique dure 26 jours à une température de 24 à 26°C. Les mineuses ne peuvent survivre à l'extérieur en hiver ; cependant elles arrivent à le faire dans les débris des végétaux laissés dans la serre ou dans des airs protégés.

L'insecte peut hiverner au différent stade œuf, nymphe ou adulte [95]. Les adultes sont des noctuelles et vivent dans la végétation pendant le jour. La femelle pond ces œufs dans la partie aériennes de la plante hôte et peut déposer jusqu'à 260 œufs durant sa vie, après éclosion des œufs, la jeune larve pénètre dans les feuilles, tiges ou fruit pour s'alimenter en provoquant des mines. Les larves passent par quatre stades, avant de se nymphose sur les feuilles dans les galeries ou dans le sol [92].

L'œuf est de forme cylindrique, de couleur crème jaunâtre. Il mesure 0,36 mm de long et 0,22 de large. Ils sont disposés individuellement sur la face inférieure des feuilles, l'incubation dure 4 à 10 jours selon la température [95].

La larve initiale (premier stade) est de couleur crème avec une tête noire, puis elle vire de couleur verdâtre à rose du second au quatrième stade larvaire. Au premier stade larvaire, elle mesure 0,9mm de long et 7,5 mm de long au quatrième stade larvaire. La durée des stades larvaires varie de 12 à 15 jours selon la température [96].

La chrysalide arrivée à son terme, elle est de couleur marron. La métamorphose dure 9 à 11 jours [95].

L'adulte mesure 10mm de long, de couleur brun grisâtre, tacheté en brun. Une bande brune mince en diagonal est visible sur les tiers distal. Possède des antennes filiformes, ornées d'une bande brun foncée et blanche. La femelle est légèrement plus grande que le mâle [97].

La mineuse s'attaque généralement aux feuilles, elle est rencontrée dans toutes les régions de production de tomate. Le principal dommage consiste en des galeries creusées par les larves dans les feuilles. Longues et étroites au début, les galeries s'élargissent ensuite pour former une tache.

Les larves plus âgées peuvent s'enrouler dans la feuille ou ramener ensemble deux feuilles entre lesquelles elles continuent de s'alimenter, formant ainsi de grandes taches.

Les dommages directs surviennent quand les larves plus âgées pénètrent dans les fruits adjacents en s'enfouissant sous le calice. On remarque de petits trous d'épingle et un petit amas de sciure ou d'excréments au point d'entrée. Dans les cultures gravement infestées, les larves peuvent pénétrer dans les côtés de la tomate.

Cependant, de par leur mode de vie, les larves (L1, L2, L3 et L4) peuvent quitter leur galerie à chaque mue pour aller en creuser une autre sur la même foliole ; elles intensifient de ce fait les dégâts sur feuilles [98].

Les attaques au niveau des tiges affectent le développement final de la plante et en certaines occasions provoque l'assèchement partiel de celle-ci. Lorsqu'elles s'attaquent aux feuilles, les larves provoquent la formation des galeries irrégulières qui ensuite se nécrose.

Au niveau des fruits, elles pénètrent par la zone du pétiole, creusant des galeries qui diminuent la valeur commerciale de la tomate et constituent en outre un foyer d'infections fongiques et bactériennes.

Certaines espèces voisines ou provoquant des dégâts similaires (mouches mineuses) peuvent être confondues avec *Tuta absoluta*. Les galeries de *Liriomyza* ressemblent à celles de *Tuta absoluta*.

Cependant les galeries de *Tuta absoluta* forment des plages, tandis que celles de *Liriomyza* sont en forme de tunnel et s'évasent très progressivement. Les déjections de *Tuta absoluta* sont dispersées dans la galerie alors que celles de *Liriomyza* forment un étroit filet à l'intérieur de la galerie.

Enfin, les larves de *Tuta absoluta* sont de véritables chenilles dont on voit nettement la tête et les pattes, alors que celles de *Liriomyza* sont des asticots, sans tête distincte ni pattes.



Figure 2.1: *Tuta absoluta* (Meyrick)
(Originale, 2010).



Figure 2. 2: Galeries sur feuilles
(Originale, 2010).



Figure 2. 3: Galeries sur fruits (Originale, 2010).

CHAPITRE III

APPORT DE LA METEOROLOGIE DANS LE SYSTEME DE PRODUCTION ET PROTECTION INTEGREE

3.1. Introduction.

La maîtrise du climat est la raison d'être des serres ; on peut créer un environnement idéal pour la croissance des plantes. Les serres sont construites pour protéger des cultures précoces ou tardives des conditions climatiques extérieures défavorables.

L'objectif ambitieux de rentabilité nécessite une connaissance très précise des paramètres du climat qui doivent être maîtrisés, particulièrement la température et l'humidité de l'air.

Le choix des variétés, la fertilisation, l'irrigation et l'environnement phytosanitaire dépendent de la maîtrise de ces deux facteurs. Le suivi permanent de la plante doit être méticuleux. Il s'appuie sur les outils de régulation du climat, en étroite liaison avec les autres grandes fonctions tels que la fertigation et la pathologie.

Pour arriver à prévoir l'évolution des maladies et les ravageurs des plantes, il faut connaître les corrélations entre les conditions météorologiques et leur développement.

La première application pratique des données climatiques est sans conteste ce que l'on appelle les avertissements agricoles. Cette technique de prévision de risques de contamination associée à un conseil de traitement a été mise en place en 1912, en France, pour le mildiou de la vigne. Les résultats obtenus font que cette méthodologie a été étendue à de nombreux autres parasites [99] tout en améliorant les performances des systèmes par la prise en considération des données météorologiques en temps réel [100].

Dans le but d'éviter les traitements inutiles et de les appliquer au moment opportun, des systèmes d'avertissements et de prévision ont été élaborés. D'abord simples, ils sont améliorés au cours des années d'application et tendent à intégrer tous les facteurs les plus importants ; de simples observations au début, ils ont recours à l'ordinateur maintenant.

La mission principale d'un système d'avertissement agricole est donc de déterminer les périodes les plus dangereuses pour une infection probable et de conseiller dès ce moment une intervention préventive de la part des agriculteurs. En période de risque nul, le service doit convaincre l'agriculteur de ne pas intervenir.

Les avantages d'une telle stratégie de lutte sont multiples et évidents par :

- une intervention à bon escient,
- augmenter l'efficacité de la lutte,
- diminuer les coûts de production mais aussi minimiser l'impact négatif des pulvérisations inutiles sur l'environnement.

Les avertissements agricoles peuvent être élaborés par des modèles de prévision agro climatiques en se basant sur les conditions de développement du pathogène comme la température et l'humidité en général ou bien sur un système de piégeage et de comptage des ravageurs afin de déterminer le seuil de nuisibilité. Ce modèle doit aussi se baser sur le cycle biologique du ravageur.

3.2. Gestion climatique.

Les principaux facteurs, à l'origine des réductions de rendement et/ou des baisses de la qualité sont les agents pathogènes et une mauvaise gestion des facteurs ambiants. La conduite climatique a surtout pour objectif de réduire les situations de stress puisque la température, la lumière, l'humidité, le pH, le dioxyde de carbone et l'apport en nutriments exigent des stratégies particulières de conduite culturale à chaque stade du cycle de production, il est essentiel de bien comprendre et contrôler les conditions climatiques ambiantes pour optimiser la croissance de la culture [101].

L'utilisation des modèles phytosanitaires, a amené à mettre en place une infrastructure comprenant un réseau de station météo et des logiciels de précision des risque. Pour les principales maladies ou insectes, les techniciens disposent d'outils leur permettant de mieux évaluer les risques climatiques ou agronomiques. L'objectif actuel est de faire passer les modèles de l'évaluation des risques à un niveau plus fin, pour atteindre cet objectif, il faut d'abord marier les approches agronomiques et climatiques [102].

Les systèmes de contrôle informatisé du climat sont maintenant couramment employés par les serristes en Europe. Les avantages de ces systèmes, pour le producteur sont évidents : informatisation et contrôle du climat sont pris en charge par l'ordinateur, après introduction de consignes (températures, hygrométrie, CO₂.....) [103].

3.2.1. Contrôle des éléments météorologiques.

La pratique de l'aération joue un rôle essentiel dans la gestion du climat à l'intérieur des abris serres. Elle est nécessaire à chaque fois que la température avoisine les 25°C. Elle a pour but d'atténuer les amplitudes thermiques et d'éliminer l'excès de chaleur et d'humidité accumulées à l'intérieure des serres. Une mauvaise aération peut engendrer des difficultés de nouaison, le développement des maladies et une qualité du fruit médiocre (mauvaise coloration, faible tenue, fruit creux,...).

Pour la multi chapelle, lorsqu'il fait excessivement chaud et que l'on a besoin de refroidir l'atmosphère, nous avons tendance à ne prendre en compte que la température de l'air, nous oublions que l'hygrométrie est une composante essentielle du climat ambiant dans les serres. C'est pour contrôler la teneur en eau de l'air et en faire une arme efficace de lutte contre les températures élevées, que l'on a recours à la brumisation.

La lutte contre l'acarien *Tetranychus urticae* à l'aide de la brumisation a permis de les contenir et à réduire les attaques d'oïdium [104].

La régulation de l'atmosphère dans les serres devient un véritable centre de préoccupation pour les professionnels des cultures maraîchères et surtout avec les changements climatiques observés ces dernières années où nous observons des températures caniculaires.

Les conditions climatiques peuvent être contrôlé automatiquement grâce à des capteurs, thermostats, hygrostats et d'autres installations techniques peuvent être également réalisées conjointement tels que la ventilation, cooling....

Des systèmes de régulation de la température et de l'humidité sont nécessaires, car l'atmosphère chaude, humide et confinée de la serre peut favoriser des attaques parasitaires ou de pathogènes des plantes, contre lesquels l'agriculteur lutte avec les pesticides.

Chaque plante est le résultat de son environnement. Ce principe s'applique particulièrement pour les serres. Une croissance rapide et économique des plantes dépend de façon décisive de la température optimale de l'air et d'un taux d'humidité suffisamment élevé.

La gestion de la température des serres est contrôlée par la ventilation en cas d'excès. Dans le cas où les températures baissent à un niveau inférieur à celui accepté par les cultures on utilise de puissantes chaudières à gaz ou à fioul ou autre moyen de chauffage pour élever la température.

La distribution se fait par la convection des tuyaux aériens à l'intérieur de la serre. La température peut être également gérée automatiquement par l'utilisation de toile d'ombrage. Quand les rayons du soleil sont trop ardents, ils atténuent une partie du rayonnement solaire. A l'inverse, ils sont fermés la nuit pour piéger au niveau des cultures la chaleur venant du sol.

Les ventilateurs sont des outils clés pour rendre la température des serres uniforme. La gestion de l'air en serre et celle de température qu'il y règne sont liées ; plus il y a de circulation de l'air, plus la température de la serre va être égale à celle de l'extérieur.

La brumisation offre de meilleurs conditions climatiques dans les serres, permet d'augmenter l'efficacité, le rendement des cultures et la protection biologique et elle constitue la solution la plus appropriée pour lutter contre le stress hydrique des plantes.

Elle a pour objectif d'augmenter l'humidité de l'air et des plantes. En culture de tomate, ce système bien qu'efficace, doit être utilisé de façon limitée car ce brouillard mouillant le feuillage peut, en cas d'apports trop fréquents, favoriser le développement de maladies.

La diffusion de la brumisation dans la serre permet de favoriser la germination et d'empêcher le développement des acariens tout en évitant de mouiller le feuillage, qui est à l'origine d'autres maladies, comme l'oïdium ou le mildiou. En plus, on peut diffuser des éléments nutritifs et phytosanitaires qui sont absorbés par les pores des feuilles à l'aide d'une pompe doseuse.

La brumisation a pour objectif d'augmenter l'humidité de l'air des plantes. La pulvérisation d'eaux fines gouttelettes constituant un brouillard de courte durée favorise l'évaporation.

Les plantes convertissent le dioxyde de carbone en oxygène durant la période diurne de la journée grâce à la photosynthèse. Pour augmenter la productivité de certaines cultures, il arrive que l'on fasse brûler du gaz propane dans les serres pour y augmenter le taux de gaz carbonique (CO₂). La lumière aussi peut être artificielle. Elle sert notamment pour induire l'initiation florale de certaines espèces de plantes de jour long en rallongeant la durée du jour.

La photosynthèse des plantes est fortement réduite par de faibles teneurs en gaz carbonique. L'enrichissement en CO₂ de l'atmosphère provoque en outre, une fermeture partielle des stomates, avec pour conséquence une réduction de la transpiration et des échanges gazeux.

Pour que les plantes croissent, il faut que la photosynthèse soit plus importante que la respiration. La transpiration permet à la plante de pomper l'eau du sol et de la véhiculer jusqu'aux feuilles. Elle favorise en même temps le transport des sels minéraux, en plus, elle assure une certaine régulation thermique grâce au refroidissement produit par l'évaporation au niveau du feuillage [105].

3.3. Eléments météorologiques.

C'est le climat qui gouverne en grande partie les changements quantitatifs d'états aux niveaux du parasite, de la maladie, de l'épidémie mais aussi de la population hôte [106].

Les éléments météorologiques qui affectent plus particulièrement les maladies sont la température, l'eau sous ces différentes phases (vapeur, précipitation, brouillard, rosée), la lumière, les mouvements de l'air, l'évaporation, les rayonnements.

RAPILLY [106], rapporte que ce sont les températures et l'humidité qui interviennent directement sur le potentiel contagieux théorique, mais aussi sur le potentiel réel, en intervenant sur la viabilité de l'inoculum.

Nous avons porté une attention particulière aux relations entre la température, l'humidité et l'apparition des maladies parce que ce sont des facteurs de base qui limitent le comportement des agents pathogènes.

Les conditions climatiques interviennent à deux niveaux :

- Les conditions d'hivernation : (température, humidité). Elles favorisent plus ou moins des pullulations d'insectes et préparent à l'explosion de certaines maladies. Les conditions climatiques hivernales déterminent le mûrissement et la conservation de l'inoculum.

- Les conditions de végétation : Les conditions ni trop sèches, ni trop humides sont favorables aux attaques d'insectes ; un temps chaud et humide favorise le développement des maladies.

3.3.1. Température.

La tomate est une espèce relativement peu exigeante. Les températures minimales se situent entre 12 et 13°C, les optimales entre 18 et 21°C et les maximales entre 30 et 35°C. Les plantes, pour la plupart des variétés, ne poussent pas en dessous de 10°C et la mise à fruit est compromise entre 10 et 15°C. Cependant, la tomate peut supporter pendant quelques heures aussi bien des températures basses de 5 à 8°C que des températures égales ou supérieures à 35°C sans compromettre le rendement [105].

La tomate est une plante de saison chaude. Le zéro de germination est de 12°C. L'optimum de la croissance des racines est de 15 – 18°C. En phase de grossissement des fruits, l'optimum de la température ambiante est de 25°C le jour et de 15°C la nuit [107].

Les basses températures (<10°C) ralentissent la croissance et le développement des plantes, entraînant un raccourcissement des entre-nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production. Une température basse peut entraîner aussi des ramifications des bouquets, difficultés de nouaison et formation des fleurs fasciées. Au dessous de 17°C, le pollen germe mal, surtout si l'humidité est faible [108].

3.3.2. Humidité.

Une humidité relative de 75 % est jugée optimale pour la tomate. Elle permet d'avoir des fruits de bons calibres, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration.

Une humidité relative trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entre-nœuds. Elle favorise aussi le développement des maladies, notamment le botrytis et le mildiou.

L'aération matinale permet de réduire l'humidité de l'air et élimine les petites gouttelettes de condensation qui se forment sur la paroi du plastique. En cas de temps sec, l'irrigation peut augmenter l'humidité relative. Cependant, un taux d'humidité trop faible à cause d'arrivée d'air froid et sec dans la serre en hiver stressera encore plus les plantes. Un déséquilibre de l'humidité causera la formation de fleurs jaune pâle au lieu de jaune vif ou fera coller les fleurs de sorte que les sépales ne se dérouleront pas [109].

3.3.3. Rayonnement.

La connaissance de la proportion du rayonnement qui arrive au sol est une donnée intéressante en épidémiologie.

L'éclairement de la culture sous serre est un phénomène essentiel : le climat à l'intérieur d'une serre dépend du climat extérieur et surtout de l'énergie solaire reçue ; En moyenne 70% de l'énergie solaire extérieur pénètre dans la serre [105].

La transmission de la lumière est fonction du type de plastique utilisé. Elle est de 70 % pour le plastique anti-UV (2 étoiles) et de 65 % pour le plastique infrarouge (thermique). Cette transmission diminue lors de la 2^{ème} année d'usage, en raison des saletés et des dépôts de poussières. Dans ce cas, un lavage du plastique en 2^{ème} année est conseillé pour améliorer son efficacité [108].

La longueur du jour et le rayonnement solaire agissent sur la population hôte par l'acquisition plus ou moins rapide des stades sensibles et sur leur durée de vie [106].

Le rythme journalier de lumière agit directement sur la périodicité de la libération des spores, il intervient également par les variations de la température, de l'humidité et des mouvements de l'air qui accompagne les modifications d'intensité lumineuse [110].

Elle dépend de caractéristiques de transmission des feuilles, de leur arrangement spatial et bien sûr de la densité du peuplement [106]. La longueur du jour et le rayonnement solaire agissent sur la population hôte par l'acquisition plus ou moins rapide des stades sensibles et sur leur durée de vie.

ULLRICH et LEACH [111] ont montré que la résistance au mildiou de variétés de pomme de terre était diminuée en jours courts.

La quantité de rayonnement est, en soi, rarement un facteur limitant pour le développement des parasites et la progression des épidémies [112].

C'est la conséquence du rayonnement au niveau des températures et des flux de vapeur d'eau qui agit sur la maladie. Ceci explique les quelques cas où le paramètre de nébulosité est pris en compte dans la prévision des épidémies comme celle du mildiou de la pomme de terre [113].

Pour les parasites qui pénètrent par les stomates dans l'hôte, le rayonnement agit sur le degré d'ouverture de ces derniers qui peut favoriser ou non les contaminations [106].

Ainsi les spores de *Leveillula taurica* germent très peu sous fort éclairage [114], mais pourtant dans ces conditions que le niveau des contaminations est le plus élevé. Cette apparente contradiction s'explique que le fait que le parasite pénètre par les ostioles des stomates et que celles-ci sont ouvertes à la lumière ; l'efficacité de la contamination est ainsi multipliée par 10 par rapport à l'obscurité.

L'ombrage a pour objectif de réduire les apports de chaleur solaire en diminuant le moins possible la lumière. L'ombrage interviendra en été et même dès le début du mois de Mai, lorsque les températures sous la serre dépassent régulièrement 27°C, l'écran réduit plus particulièrement la température du végétal exposé au rayonnement direct, mais aussi la température ambiante et le déficit de saturation de l'air.

3.4. Interaction entre température – humidité.

Les besoins d'humidité d'un organisme augmentent avec la température, ces deux paramètres sont étroitement liés.

Le développement de l'agent de mildiou exige une relation très étroite entre la température et l'humidité relative. Il n'est pas actif que si les températures sont relativement basses (en dessous de 25°C) et si l'humidité relative est élevée (90% ou plus) mais l'effet de l'un de ces deux facteurs sur la connaissance du champignon, sur la germination des spores et sur l'infection, varie avec les valeurs de l'autre. *Phytophthora infestans* peut supporter des températures très élevées si l'humidité relative est aussi élevée. Cependant il est inactif si l'humidité est faible, même si la température est favorable [110].

Dans le système épidémie, les facteurs climatiques correspondant aux variables de flux de premier rang tout particulièrement dans les régions à saisons contractées ; celles de second rang correspond aux pratiques culturales comme la fumure azotée, l'irrigation. C'est le climat qui gouverne en grande partie les changements quantitatifs d'états aux niveaux du parasite, de la maladie, de l'épidémie et de la population hôte [106].

PERRIER [115] distingue au niveau microclimatique, deux groupes de données ; les unes dépendent du couvert végétal comme le rayonnement, la vitesse du vent ; les autres comme la température, l'humidité relative, l'eau libre en quantité et durée, dépendent à la fois du couvert végétal et des données climatiques.

3.5. Données liées à la plante cultivée.

Une bonne maîtrise de la température, de l'humidité, de la lumière, du pH, du dioxyde de carbone et des éléments nutritifs est essentielle à la croissance des tomates sous abris.

Les états de résistance ou de sensibilité sont des propriétés du couple hôte-parasite et non d'un seul partenaire, il est important d'identifier et de caractériser les composantes du pouvoir pathogène d'un parasite et les réponses correspondantes de la plante hôte. L'exploitation de la résistance est la méthode de lutte la plus vulgarisée et la moins coûteuse pour les agriculteurs.

On sait en effet, que certaines variétés sont plus résistantes ou plus tolérantes que d'autres aux parasites de la culture ; de même une plante est sensible ou moins sensible à un parasite à un stade de développement bien défini plutôt qu'à un autre. Tous ces renseignements permettent une meilleure maîtrise des risques de déclenchement d'une épidémie.

Les gènes spécifiques de résistance peuvent être contournés par le parasite jusqu'alors avirulent [106]. Ce dernier peut acquérir par divers moyens de recombinaisons de nouveaux gènes de virulence et les exprimer [116].

L'émergence d'une nouvelle race physiologique se manifeste, sur le plan agronomique, par l'effondrement de la résistance de la variété hôte correspondante [106].

3.6. Relations entre les maladies et les éléments météorologiques.

Si l'incidence d'une maladie dépend des conditions existant à un stade particulier du cycle biologique de l'agent pathogène et de l'hôte, les critères pour les avertissements seront simples.

Par contre, si un agent est sensible aux variations de température pendant la période de la croissance des plantes, les critères de prévisions seront complexes.

Le mildiou de la pomme de terre, par exemple, réagit rapidement aux changements de température et d'humidité ; il se multiplie et se dissémine rapidement lorsque les conditions sont favorables.

3.7. Effets de l'environnement sur les relations hôte – pathogène.

Les conditions d'environnement agissent sur l'hôte et influencent sa réaction au processus maladif. Si les besoins de l'hôte sont différents de ceux de l'agent pathogène, les conditions qui lui sont favorables peuvent lui permettre de résister à l'infection où, à l'inverse des conditions favorables à l'agent pathogène peuvent déterminer une maladie grave.

Si l'agent pathogène et l'hôte sont tous deux favorisés par les mêmes conditions et si celles-ci ne permettent pas à l'hôte de résister à l'attaque, la maladie deviendra probablement un facteur limitant pour la culture où ces conditions sont communément réalisées.

Dans un climat particulièrement favorable au développement d'une maladie, la culture est difficile malgré tous les efforts faits pour lutter contre cette maladie par les moyens chimiques.

Des variétés possédant une certaine résistance doivent être utilisées. Les niveaux d'abondance des populations d'insectes piqueurs suceurs dépendent directement de facteurs abiotiques, comme le climat, et les interactions entre l'environnement, le végétal et les biocénoses environnantes [117].

DEUXIEME PARTIE

EXPERIMENTATION

DEUXIEME PARTIE

EXPERIMENTATION

1. Objectifs de notre travail.

Ce travail a consisté à assurer une meilleure production et protection de la culture de tomate sous abris, en utilisant toutes les mesures alternatives d'une manière raisonnée et intégrée, ce qu'on appelle Production et Protection Intégrée (**PPI**), pour les Anglo-Saxon, c'est Integrated Pest Management (**IPM**).

Ces mesures limitent le niveau d'infestation par les agents phytopathogènes et favorisent un meilleur développement de la plante ainsi, ils permettent de réduire l'utilisation intensive des pesticides pour une meilleure protection du consommateur, de l'utilisateur et de l'environnement contre les effets néfastes des produits chimiques.

L'objectif sera donc de produire de façon économiquement viable et respectueuse de l'environnement. Etant donné les problèmes de résistance, de coûts des traitements, de santé publique et de déséquilibre de l'environnement engendrés par l'utilisation abusive des pesticides de synthèse, il apparaît indispensable maintenant de développer de nouvelles techniques de production et de lutte dites « alternatives » contre les ravageurs et les maladies des cultures [118].

L'essai est réalisé au niveau de la station expérimentale de staoueli (ITCMI), dans une multi chapelle (03 chapelles) de 1000m² (Figure :1) qui est construite dans le cadre du projet.



Figure 1: Serre multi chapelle (Originale, 2010).

Les avantages de la multi chapelle sont :

- Cette structure permet d'obtenir une hauteur de culture supérieure aux serres tunnels.
- Couverture PVC (économique par rapport au verre et au plastique souple).
 - Production échelonnée sur toute l'année (10 à 11 mois) en cycle log.
 - Cultiver de nombreux végétaux hors de leur zone d'origine.
 - Produire des cultures hors saison.
 - Augmentation des rendements.
 - Produits de meilleure qualité.
 - Conditions de travail plus agréables.
 - Gestion du climat à l'intérieur de la serre (possibilité de réduire ou d'augmenter la température, d'augmenter ou de diminuer l'humidité).
 - Hauteur de la culture (30 bouquets pour un cycle long) équivalente sur toute la superficie.
 - Améliorer l'itinéraire technique.
 - Faciliter les travaux culturels.
 - Meilleure aération.

Les inconvénients sont :

- Investissement important.
- Elle est fixée au sol et donc non déplaçable, obligation d'avoir recours au hors sol (cas de forte infestation du sol ou de spécialisation).
- Couverture du toit : en plastique souple (à remplacer tous les 2 à 3 ans).

Les analyses de l'eau et du sol (Annexe -1-) sont effectuées au niveau de l'Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage (INSID) avant la mise en place de l'essai.

CHAPITRE IV

GESTION DE LA PRODUCTION INTEGREE

(Lutte culturale)

4.1. Introduction.

Le système de culture est défini comme « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre d'une manière identique ; chaque système de culture se caractérise par la nature de la culture et de l'ordre de succession, et par les itinéraires techniques appliqués à chaque culture ». Il peut évoluer et bénéficier d'innovations, de « nouvelles manières de produire, mieux adaptées aux objectifs des acteurs directement impliqués et aux exigences de la société ».

Très souvent utilisées pour réduire le développement potentiel de l'organisme nuisible et sont combinées avec d'autres moyens de lutte. Il s'agit de toutes les méthodes qui visent à favoriser au maximum la croissance des plantes et de défavoriser le développement des organismes nuisibles. Ces méthodes consistent en la rotation des cultures, la destruction des mauvaises herbes à l'intérieur et à l'extérieur, l'emploi des variétés résistantes, une fertilisation et une irrigation équilibrées et le paillage plastique...etc.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris cette nouvelle démarche, elle nous a impliquée un suivi rigoureux sur les points suivants :

- Choix des variétés résistantes ou tolérantes.
- Choix du sol.
- Préparation du sol.
- Semis et élevage des plants.
- Paillage plastique.
- Système d'irrigation et de fertilisation localisé et raisonnée (fertigation).
- Entretien de la culture (palissage, ébourgeonnage et effeuillage).

4.2. Matériel et Méthodes.

4.2.1. Matériel végétal.

4.2.1.1. Choix des Hybrides.

Les hybrides F1 sont très recommandées, elles présentent la faculté de réunir plusieurs caractères (bonne précocité, qualité et résistance). La résistance aux maladies est un aspect très important pour la tomate sous serre. Les recherches entreprises dans le monde ont permis l'obtention de toute une gamme de variétés résistantes notamment à la fusariose, la verticilliose, aux nématodes, mildiou et les virus...etc.

Pour bien produire, nous avons tout d'abord choisi des variétés adaptées au contexte local. Nous avons utilisés trois Hybrides F1 indéterminées (Kartier, Tavira et Carmen), ce sont des variétés ayant un meilleur rendement et qualité des fruits, en plus une résistance vis à vis de certaines maladies et ravageurs (Tableau 4.1). Ces trois hybrides sont adaptés aux conditions agro climatiques de notre région.

L'hybride kartier est nouvellement homologué que, nous avons planté durant la campagne 2008-2009, Tavira est homologué et très utilisé chez les agriculteurs, l'hybride Carmen est nouvellement introduite et en voie d'homologation.

Date de semis : 14 / 12/ 2009
Date de plantation : 10 / 01/ 2010.
Précédent cultural : Tomate.

L'hybride Kartier offre une gamme de résistance large, plante rustique et compacte, fruits ronds et gros.

Tavira est un hybride précoce, bonne vigueur, le fruit est rond, gros et légèrement aplati.

Carmen présente une gamme de résistance, bonne vigueur, grande longévité, bonne couverture foliaire et un fruit rond approfondi, de couleur rouge intense, une très bonne fermeté et longue conservation.

Tableau 4.1: Caractéristiques des trois Hybrides.

	Kartier	Tavira	Carmen
Type	Hybride F1		
Type de croissance	Indéterminé		
Origine	France	Hollande	Danemark
Date de récolte	2009	2008	2009
N° du lot	1482B78853	2670665	901070741

Type de résistance :

	Haute Résistance (HR)	Résistance Intermédiaire (IR)
Kartier	ToMV/ V/ Fol : 1,2 / Ff : A, B, C, D, E / M	-----
Tavira	TMV/ V/ Fol 1,2 / M	
Carmen	V/ Fol : 1,2/ ToMV/ M/ TYLC / Lt/ TSWV	

ToMV : Tomato Mosaic Virus. Virus de la mosaïque de la tomate.

V : Verticilliose (*Verticillium albo-atrum* - *Verticillium dahliae* race 1).

Fol : *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* races 1, 2.

Ff : *Fulvia fulva* (races A, B, C, D, E). Cladosporiose.

M : Nématodes.

TSWV : Tomato Spotted Will Virus – Virus de la maladie bronzée de la tomate.

TYLC : Tomato Yellow Leaf Curl Virus – Virus des feuilles jaunes en cuillère.

4.2.2. Méthodes.

Nous avons adoptés trois systèmes de plantation avec plusieurs répétitions aléatoires.

- 1- Lignes simples avec plantation en pleine terre
- 2- Lignes jumelées avec plantation en pleine terre.
- 3- Hors sol dans des pots de 0,60 m de longueur x 0,22 m de largeur x 0,18 m de hauteur contenant un mélange de gravier de rivière, tourbe et marre de raisin à raison de 2V, 1V, 1V respectivement.

Nous avons mis en place : Dispositif expérimental. (Figure 4.1).

09 lignes simples (dont 09 lignes de 81 plants).

09 lignes jumelées (dont 9x 2 lignes de 81 plants).

03 lignes hors sol (dont 03 lignes de 81 plants).

03 lignes bordures (dont 01 ligne par hybride de 81 plants).

Au total 33 lignes de 81 plants.

Nombre total de plants : 33 x 81= 2673

Nombre de répétition :

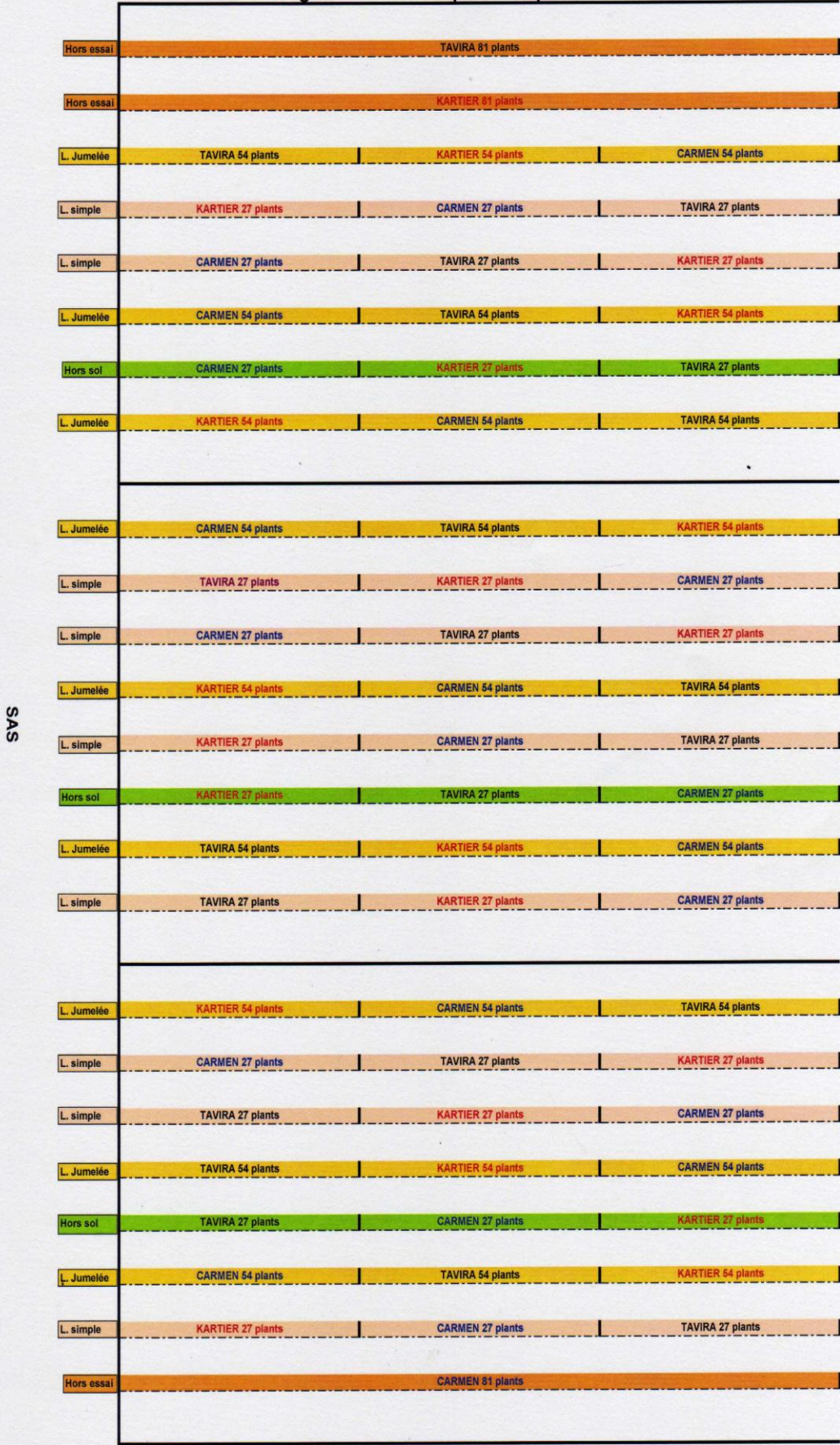
09 répétitions pour chaque hybride en ligne simple.

09 répétitions pour chaque hybride en ligne jumelées.

03 répétition pour chaque hybride en hors sol.

Chaque répétition est composée de 27 plants.

Figure 4.1: Dispositif expérimental



SAS

4.2. 2. 1. Choix et préparation du sol.

En général, la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo limoneuse est préférable. La nature du sol de l'ITCMI est sablo limoneux (Analyse du sol en annexe -1-).

Les préférences en type de sol sont très larges. Le sol doit être bien aéré et drainant. L'asphyxie racinaire, même temporaire, est préjudiciable à la culture. La teneur en matière organique du sol doit être assez élevée (2-3%) pour obtenir de bons rendements. Le pH optimal du sol est de 5,5 – 6,8. La culture tolère la salinité et le bore.

La préparation du sol a consiste à:

Un mois avant plantation, nous avons effectués un labour de 25 à 30 cm de profondeur avec enfouissement de matière organique (fumier bovin décomposé à raison de 600 kg par 100 m² et 10 kg d'engrais de fond N.P.K (15.15.15). La matière organique et l'engrais de fond sont incorporés sur l'emplacement des lignes de plantation, localisées en bande d'environ 20 à 30 cm de profondeur (Figure 4.2). Ce système permet une utilisation rationnelle des engrais.



Figure 4.2: Bandes d'enfouissement de la matière organique et de l'engrais de fond. (Originale, 2010).

4.2.2. 2. Traitement du sol.

Un traitement préventif du sol est préalablement réalisé avant la mise en place de l'essai avec un nématicide Dacron à raison de 50 grammes par m² dont la famille est Thiadiazine et dont la matière active est Dazomet.

Le Dacron est un nématicide granulé contenant 98g de matière active, il se décompose dans le sol en thyocyanate, il agit par vapeur et il est doté d'un large spectre en agissant sur un grand nombre de parasites du sol comme les nématodes, les insectes (vers blanc, vers gris, taupins), les champignons du sol et la germination des graines de mauvaises herbes, il est bien toléré pour toutes les cultures.

Mode d'application :

1. Avant le traitement, nous avons éliminé tous les débris de la culture précédente. Le sol est bien émietté sur une bonne profondeur afin d'assurer une excellente répartition du produit.
2. La température du sol est supérieure à 6°C et l'humidité favorable, quant le produit est épandu sur le sol, il est immédiatement incorporé.
3. Nous avons installé les rampes d'irrigation.
4. Après le traitement, nous avons plombé le sol avec un film plastique noir afin de retenir le fumigant dans sol, rehausser la température et l'humidité du sol et de contrôler les mauvaises herbes.
5. Selon la température du sol, nous avons laissé le temps nécessaire pour que le produit agisse. Dans notre cas, nous avons laissé 15 jours. Ce qui montre que le produit agit vite quand les températures sont élevées.

Nous avons suivi toutes les recommandations pour une bonne réussite du traitement.

Des mesures générales de désinfection des structures et des parois de la multi chapelle pour détruire les spores, les œufs d'insectes, les acariens et la suppression des débris végétaux sont réalisées. Pour cela, nous avons effectué une désinfection soignée de l'infrastructure avec Oberon à raison de 60 ml /hl.

Oberon est un insecticide, acaricide des cultures maraîchères, de la nouvelle famille chimique des Ketoenoles.

Il est doté d'une action par contact et par ingestion sur tous les stades de développement des ravageurs des cultures maraîchères tels que les mouches blanches (*Bemisia*, *Trialeurodes*) et les acariens.

Il est aussi doté de profils toxicologique et écologique favorables (sans effet négatif sur les principaux insectes auxiliaires), il est compatible à l'égard des cultures traitées.

Oberon constitue un nouveau produit d'alternance dans le programme de lutte intégrée notamment avec les chronicotyniles contre les mouches blanches.

4.2.2.3. Semis et élevage des plants.

Le semis est effectué dans des plaques alvéolées de 3-4 cm de côté. Les alvéoles contiennent de la tourbe stérilisée. Les graines sont enterrées d'une manière homogène à une profondeur de 1 cm à raison d'une graine par alvéole.

La température optimale de germination se situe aux environ de 23°C. L'élevage des plants est effectué à 18°C minimum en journée et 15°C minimum la nuit. Les plants ont néanmoins supporté très ponctuellement des températures nocturnes de 3 à 5°C. Pour cela, nous avons réalisé le semis dans la multi chapelle afin de donner les conditions optimales de températures de germination et de développement des plants.

Le semi est couvert avec de filet insecte-proof (Figure 4.3) comme protection et comme moyen d'éviter les viroses précoces transmises par les vecteurs (pucerons, mouches blanches), de dissuader les lépidoptères de pondre et donc d'éviter les dégâts de chenilles et toutes contamination précoce. Un piège à phéromone Delta est mis en place pour détecter la présence de *Tuta absoluta* (monitoring).

Un contrôle journallement est nécessaire pour l'arrosage, nous avons évité les excès d'eau qui favorisent le développement des maladies (fentes de semis), mais également les plantes filées.

La durée d'élevage des plants avant plantation est variable (25 à 40 jours) selon la saison, pour notre élevage la durée était de 28 jours.



Figure 4.3 : Pépinière (Semis et élevage des plants).
(Originale, 2010).

4.2.2. 4. Entretien de la pépinière.

La conduite culturale et sanitaire des jeunes plants est importante pour le devenir de la future culture, nous avons :

- ombrer la pépinière quand la température était élevée (plus de 25°C).
- installer un filet insecte-proof au niveau de toutes les ouvertures.
- éliminer les plants apparemment malades ou chétifs ou douteux.
- irriguer les plateaux qu'après le 3^{ème} jour de semis, ensuite irriguer à l'aide d'un arrosoir tous les 2 ou 3 jours, en évitant tout excès d'eau.

4.2. 2. 5. Plantation.

Avant la plantation, nous avons mis en place des rampes d'irrigation et nous avons pratiqué une pré irrigation pour avoir un sol humide et contrôler le bon fonctionnement du système d'irrigation. La plantation est effectuée au stade 3-4 feuilles vraies (Figure 4.4).

Nous avons éliminé les plants chétifs, étiolés et douteux, les plantes sont enterrées jusqu'aux premières feuilles. Nous avons assuré un bon contact entre les plantes et le sol.

A la fin, nous avons réalisés une première irrigation. Une semaine à 15 jours après, nous avons effectué le remplacement des plants manquants (certains meurent), au total nous avons repiqué 10 plants et d'autres sont attaqués par le vers gris. Contre ce dernier, nous avons appliqué un traitement localisé seulement à l'endroit où les jeunes plants sont coupés par ce ravageur, nous avons utilisé la cyperméthrine à la dose de 20 ml/hl (Cypermigt super).

Certains paramètres de la culture ont été pris en compte dans la conduite sanitaire des plantes. Couverture du sol jusqu'au niveau de la motte. Eviction de la plantation en périodes chaudes et le stress hydrique des plants en irriguant juste après plantation.

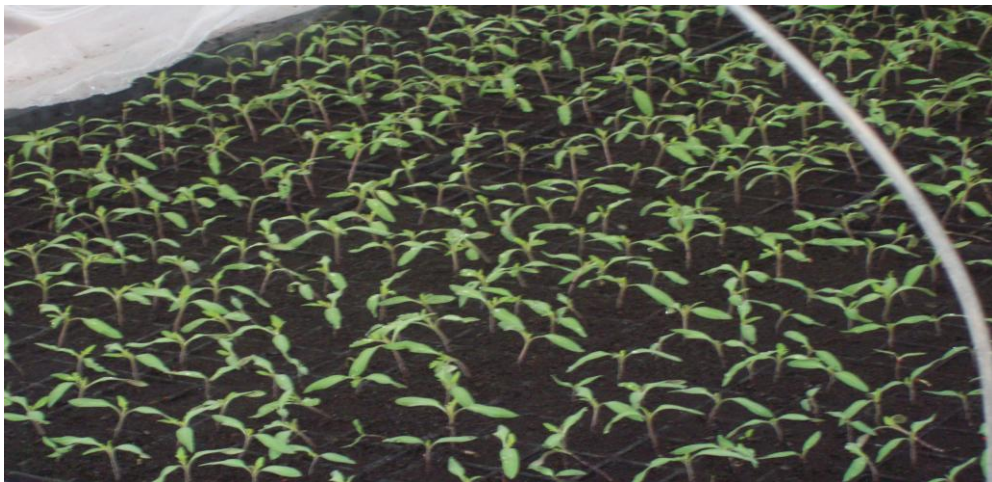


Figure 4.4: Jeunes plants (Originale, 2010).

4.2. 2. 6. Densité de plantation.

Nous avons réalisés trois modes de plantation :

1. Essai lignes simples : 1x 0.45m soit au total 243 plants pour chaque variété (02 plants /m²). Cette densité convient parfaitement pour une culture précoce en automne.
2. Essai lignes jumelées : 0.8 x 0.4 x 45m, soit au total 486 plants pour chaque variété (2,5 plants/m²). Pour une plantation tardive, on peut atteindre 3 plants/m². La densité 2,5 plants/m² est la répandue.
3. Essai hors sol : 1 x 0.45 m, soit au total 81 plants pour chaque variété à raison de deux plants par pot (Figure 4.5).
4. Bordures : une ligne par hybride, soit 81 plants pour chaque hybride.

Nous avons plantés 891 plants de chaque hybrides, soit au total 2673 plants.



Figure 4.5 : Plantation Hors sol (Originale, 2010).

La densité de plantation dépend de la qualité de rayonnement solaire disponible. Si la densité est trop élevée par rapport à l'intensité lumineuse, les plantes produiront des fruits de mauvaise qualité (des fruits peu savoureux). De plus, une baisse de l'intensité lumineuse et le raccourcissement du jour en automne et en hiver provoqueront une diminution de qualité des fruits, à moins que l'on ait recours à un éclairage d'appoint [101].

La densité de plantation intervient sur l'utilisation de la lumière et sur le microclimat de la culture.

4. 2. 2. 7. Entretien de la culture.

Un désherbage régulier est effectué à l'intérieur de la multi chapelle mais aussi aux alentours de celle-ci et ce, tout au long de la culture. Le contrôle des adventices est très important. Le désherbage n'est pas seulement justifié pour éviter la compétition pour l'eau, l'air, la lumière et les fertilisants. Les adventices rendent les pulvérisations moins efficaces et sont des hôtes potentiels pour les ravageurs et maladies, spécialement les solanacées pour la mineuse de la tomate.

Dans notre multi chapelle, nous avons réalisé le paillage plastique de toute la surface (Figure 4.6), mais cela n'a pas empêché le développement de quelques mauvaises herbes aux alentours de la surface cultivée ainsi, nous avons maintenu un désherbage régulier pour leurs éliminations.



Figure 4.6 : Paillage plastique (Originale, 2010).

Les trois hybrides utilisées sont à croissance indéterminée. De ce fait, elles nécessitent un soutien pour que la tige demeure verticale. En serre, une ficelle est fixée au fil de fer au niveau de chaque plante.

La ficelle est accrochée sur la 1^{ère} ou la 2^{ème} feuille basale de la plante d'une façon lâche afin de ne pas engendrer de dégâts (blessures ou coupures).

Lors du 2^{ème} passage, nous avons enroulé manuellement la plante autour de la ficelle à un tour complet entre 2 feuilles et ainsi de suite jusqu'à la fin du cycle.

Le palissage est effectué pour chaque plant de tomate (Figure 4.7) à l'aide de la ficelle neuve suspendue au niveau du fil de fer.

Chaque plant est enroulé régulièrement et au fur et à mesure de la croissance, la taille est pratiquée, au moins tous les 10 jours, à l'aide d'un sécateur préalablement désinfecté avec de l'eau javellisée, suppression des feuilles de la base qui deviennent sénescentes, enlèvement des rejets latéraux et élimination des bourgeons axillaires qui se développent à l'aisselle des feuilles.

La désinfection des outils (sécateur, ciseaux, canifs) est effectuée à chaque rang de la culture avec de l'eau javellisée et des mains avec un gel antiseptique.



Figure 4.7 : Palissage (Originale, 2010).

4. 2. 2.7.1. Effeillage.

La conduite des plantes et en particulier l'effeuillage (Figure 4.8) sont liés en partie à la hauteur des fils de palissage et donc de l'abri. Si celle-ci est peu élevée, un effeuillage plus fréquent sera à effectuer. Or, l'effeuillage a supprimé une quantité importante de ravageurs (larves de la mineuse...) et il a amélioré l'aération dans la serre.

L'opération a consistée à enlever toutes les feuilles au premier bouquet et les feuilles âgées, jaunâtres ou apparemment malades (minées) sur toute la hauteur de la tige. C'est une opération nécessaire pour une culture de tomate sous serre car elle permet:

- Une bonne circulation de l'air au niveau de la plante, ce qui permet d'éviter le développement de maladies et une meilleure nouaison des bouquets inférieurs.
- Un bon entretien et une récolte plus facile.
- Une bonne prévention contre la mineuse de la tomate.

Le degré d'effeuillage dépend de la variété. Les variétés à forte densité de feuillage doivent être effeuillées plus que les variétés à faible densité de feuillage. Toutefois, Un effeuillage très sévère peut réduire le rendement et la qualité. Dans notre cas, nous avons pratiqué un effeuillage à raison une fois par semaine pour les trois variétés.



Figure 4.8: Effeillage (Originale, 2010)

4. 2. 2. 7. 2. Ebourgeonnage.

La tomate est conduite en un seul bras. Donc, nous avons procédé à supprimer tous les bourgeons axillaires à un stade précoce. Un ébourgeonnage tardif peut engendrer un affaiblissement des plants. L'étêtage des plantes est effectué au 10^{ème} bouquet.

4. 2. 2. 8. Fertilisation d'entretien.

La fertilisation est effectuée avec le système d'irrigation goutte à goutte ce qu'on appelle la fertigation, avec un engrais soluble le Soluplant (14 - 8 - 32) à raison de 1 à 2 gramme/ solution nutritive (d'origine France Duclos International), contenant, du magnésium, pauvre en chlore et 14% d'azote totale :

- Dont : 10,9% nitrique, 3,1% ammoniacal,
8% d'anhydride phosphorique (P_2O_5) soluble dans l'eau,
32% d'oxyde de potassium (K_2O) soluble dans l'eau,
2% d'oxyde de magnésium (MgO) soluble dans l'eau.

Il est important d'utiliser des engrais solubles afin d'éviter d'obtenir des précipités. Cela peut boucher le système d'irrigation ou cela peut aussi vouloir dire qu'une partie des éléments nutritifs ne seront pas dilués dans la solution.

Soluplant est un engrais à usage horticole apporté au sol, il est conseillé à la concentration de 0,7 à 2 g d'engrais par solution nutritive. Nous n'avons pas utilisé des solutions nutritives complexes à base d'éléments simples qui s'ajustent en fonction de la CE (électro conductivité) et du pH de l'eau d'irrigation. Cette méthode de fertilisation est surtout utilisée pour les cultures hors-sol.

Nous avons respecté l'équilibre dans l'apport d'engrais. Une concentration de 1 g d'engrais N.P.K 14-8-32 par litre d'eau est apportée par le système goutte à goutte. Pour cela, nous avons utilisé une pompe doseuse (type Dosatron, Réf : D25RE4, 2,5 m³/h de 0,5% à 4%) (Figure 4.9).



Figure 4.9: Pompe doseuse type Dosatron (Originale, 2010).

Caractéristiques de la pompe doseuse :

Pourcentage (%)	Rapport Concentré/eau	ppm
0.5	1/ 200.00	5000
1.0	1/100.00	10 000
1.5	1/ 67.00	15 000
2.0	1/ 50.00	20 000
2.5	1/40.00	25 000
3.0	1/33.00	30 000
3.5	1/29.00	35 000
4.0	1/25.00	40 000

Principe de Réglage :

Exemple à 1%, 1/100 = 1 volume de produit concentré pour 100 volumes d'eau.

Dans notre expérimentation, nous avons utilisé une dose de 2%, ce qui correspond à 2 volumes du produit concentré pour 100 volumes d'eau (20 000 ppm).

La première fertilisation est réalisée le 31/01/2010 soit 21 jours après plantation à raison de 1g/l de N.P.K (14-8-32), la fréquence de la fertilisation d'entretien est une fois par semaine via le système d'irrigation localisée. Au stade trois à quatre bouquets, nous avons doublé la dose de fertilisation à raison de 2 g/l de N.P.K (soit 07 Kg) pendant 15 jours, après, nous avons repris la dose initiale. Le rapport K/N (32/14) est égal à 2,28, cette concentration en potasse permet une meilleure fructification, floraison et grossissement des fruits.

4.2. 2. 9. Irrigation.

La tomate est très exigeante en eau. C'est une culture qui nécessite une irrigation bien gérée pour obtenir un rendement optimale et une qualité homogène des fruits. Les besoins en eau pour une culture de 6 à 8 mois, estimée par rapport à la transpiration des plants s'élève entre 4000 et 8000 m³/ha. Les besoins en eau augmentent au fur et à mesure, ils sont évidemment liés au climat et plus précisément au rayonnement solaire, au stade des plantes et à leur état végétatif.

Le manque d'eau ou sa disponibilité irrégulière provoque souvent la nécrose apicale du fruit. A l'inverse, la tomate est très sensible à l'asphyxie radiculaire qui provoque également des carences. Il est donc conseiller d'augmenter la fréquence des apports d'eau en diminuant la quantité à chaque apport.

Nous avons utilisé le système d'irrigation goutte à goutte. Chaque ligne est munie de goutteurs distant de 40 cm (Figure 4.10).



Figure 4.10 : Goutteur (Originale, 2010).

La gestion de l'irrigation est un facteur de régularité de qualité des productions et d'économie d'eau. La prise en compte des nombreux paramètres objectifs est nécessaire pour conduire l'irrigation en évitant les gaspillages.

Les paramètres pris en considération sont :

- Disponibilité de l'eau.
- Type de sol.
- Conditions climatiques.
- Matériel d'irrigation.
- Contraintes économiques.
- Façons culturales.

L'irrigation goutte à goutte était continue. Les besoins en eau de la culture étaient couverts par des apports de 25% des besoins globaux durant la phase végétative, 50% durant le pic des cueillettes et 25% à la dernière phase de la culture. Avec l'équipement supplémentaire (pompe doseuse et bac), nous avons introduit la fertigation (Figure 4.11).

Les apports d'eau et des éléments minéraux sont assurés avec la fréquence permettant à la culture de se développer convenablement, les pertes par lessivage sont également minimisées. Il faut que l'humidité du sol soit au niveau de 80% et l'irrigation est menée en moyenne de deux irrigations par semaine au début de la culture après, nous avons mené une irrigation de un jour sur deux au moment où les plants ont atteint le stade de grossissement des fruits dont le débit du goutteur est de 250 ml /7mn.



Figure 4.11 : Fertigation (Originale, 2009).

4.3. Résultats et interprétation.

Les actions culturales, la gestion raisonnée de la fertigation, nous ont permis d'avoir des plants vigoureux et un développement génératif, (Figure 4.12 ; 4.13 ; 4.14 ; 4.15), bien que peu étudiées, ils font également partie de la gamme des moyens d'accompagnement à la protection intégrée.

La pratique de l'effeuillage de la tomate a constitué l'élément de base des pratiques culturales pour lutter contre la mineuse de la tomate, cette action permet d'éliminer un nombre considérable de feuilles infestées par *Tuta absoluta* et d'autres ravageurs et maladies.

L'application des engrais solubles à travers le système d'irrigation est devenue une pratique commune par l'agriculture moderne. Le goutte à goutte assure une grande efficacité, du fait que la localisation de la totalité des engrais au niveau des racines. Ce système entraîne une réduction des pertes de solutions nutritives par lessivage et par conséquent une diminution de la pollution des nappes phréatiques par les engrais. En plus, le système d'irrigation localisée contribue à une augmentation des rendements de l'ordre de 20 à 40% d'où son intérêt dans les cultures à grande valeur ajoutée [30].

La fertigation est plus performante que la fertilisation classique, elle permet une utilisation rationnelle de l'eau et des engrais.



Figure 4.12: Développement de la tomate (Originale, 2010).



Figure 4.13 : Bouquet bien équilibrée plusieurs fruits (Originale, 2010).



Figure 4.14 : Nouaison homogène (Originale, 2010).



Figure 4.15 : La plante à une charge en fruit maximale. (Originale, 2010).

4.4. Conclusion.

Les techniques de culture peuvent limiter le recours aux interventions chimiques. En effet, une plante équilibrée est moins sensible aux attaques de ravageurs et aux maladies. Le raisonnement de la fertilisation, la gestion de l'irrigation et du climat, notamment de l'aération, un travail soigné et régulier favorise un développement harmonieux des plantes. Ces techniques limitent aussi les blessures et l'apparition de certaines maladies (Botrytis). Elles peuvent réduire le développement de certains ravageurs (Acariens, Thrips) et même améliorer l'installation des auxiliaires [119].

Ces pratiques culturales appropriées ont aidées la plante à croître dans des meilleures conditions pour mieux résister en cas de forte pression de ravageur ou maladie avec des degrés d'infestation ne dépassant pas le seuil économique et la désinfection permet d'éliminer les contaminations par les outils et les ouvriers.

Pour une meilleure rentabilité de la multi chapelles, il faut choisir une culture à forte valeur ajoutée (exemple la tomate) et en cycle long. Une plantation pour un cycle long devrait être mise en place en mois de septembre dans nos conditions climatiques. Les cultures de tomate les plus intensives sont conduites en culture sans sol sous serre chauffée disposant d'une bonne maîtrise climatique. L'objectif de ce type de culture est une production commençant très tôt (début d'automne), et se prolongeant en été.

Dans le contexte de rentabilité visant l'amélioration des rendement et de la qualité, la tomate a connu un essor technologique important dans le monde tel que l'introduction de la multi chapelle, le fertigation, les variétés performantes qui répondent aux exigences du marché, le greffage notamment pour lutter contre les maladies vasculaires et les nématodes, la pollinisation par les bourdons et les filets insecte proof pour se protéger contre les ravageurs.

L'interprétation des résultats sous un seul angle est loin d'être suffisante, même si entre temps, il y a eu de réel progrès, les innovations peuvent contribuer à l'amélioration des rendements, sans qu'il soit possible de faire la part de chacune dans le progrès global constaté :

- Introduction de la multi chapelle ;
- Introduction des variétés hybride ;
- Amélioration du système d'irrigation et de fertilisation (fertigation) ;
- Amélioration de la conduite culturale.

Ce ne sont là que des techniques intégrées au processus de production. La liste exhaustive du système de production et protection intégrée est en fait plus longue (greffage, production sur perlite ou sur laine de roche pour la culture hors sol et chauffage d'appoint,...) et comprend d'autres innovations. (Chapitre V, VI et VII)

CHAPITRE V

GESTION CLIMATIQUE

(Lutte climatique)

5.1 Introduction.

La maîtrise du climat est la raison d'être de la multi chapelle ; on peut créer un environnement idéal pour la croissance des plantes. Elle procure un environnement idéal à la croissance des plantes, du fait du contrôle des facteurs climatiques et agronomiques (température, humidité, ensoleillement, irrigation, fertilisation). La culture est protégée des facteurs extrêmes (gel, forte chaleur, vent, grêle, etc.). Ces conditions optimales de croissance pour les plantes, le sont également pour un certain nombre de ravageurs et maladies de ces cultures.

5.2 Matériel et Méthodes.

5.2.1 Equipements spécifiques.

- Trois ouvrants latéraux : permettent l'aération au faitage (air chaud monte).
- Deux extracteurs d'air (permettre de renouveler l'air de la serre, s'utilise en même temps que les ouvertures au faitage).
- Ecran thermique (diminution rayonnement solaire sur la serre plus possibilité de conserver la chaleur quand les températures baissent à l'extérieur.
- Brumisation (humidité relative contrôler et parfois baisse de la température.
- SAS d'entrée (contrôle contre les ravageurs, permet de stocker le boîtier de commande, le système de fertigation, pédiluve, tenue de travail des ouvriers, etc..).

5. 2. 2 Matériel utilisé.

Pour notre étude, nous avons placé un thermomètre (mini -maxi à mercure) et un hygrographe dans l'abri météo afin de suivre l'évolution de la température et de l'humidité au niveau de la multi chapelle (Figure 5.1).



Figure 5.1: Thermomètre (Mini et Maxi) et Hygrographe (Originale, 2010).

En plus pour le contrôle du climat à l'intérieur, nous avons utilisé les extracteurs d'air (Figure 5.2), l'écran thermique (Figure 5.3), les ouvertures latérales (Figure 5.4) et la brumisation (Figure 5.5).



Figure 5.2 : Extracteur d'air (Originale, 2010).



Figure 5.3 : Ombrière (Ecran thermique) (Originale, 2010).



Figure 5.4 : Ouverture latérale (Originale, 2010).

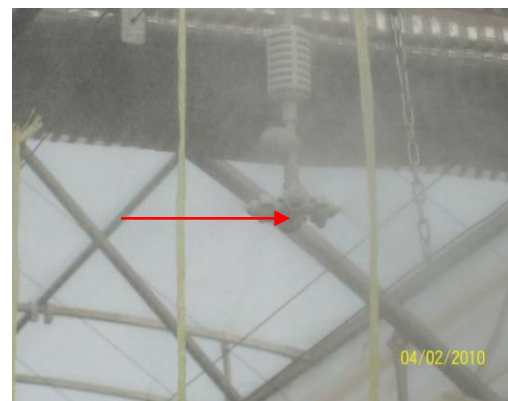


Figure 5.5 : Brumisateur (Originale, 2010).

Les paramètres climatiques sont gérés manuellement à partir d'un tableau de contrôle (Figure 5.6) muni d'un écran d'affichage de la température et de l'humidité (Figure 5.7).



Figure 5.6 : Tableau de contrôle (Originale, 2010)



Figure 5.7 : Ecran d'affichage (Température et Humidité) (Originale, 2010)

5.2.3. Méthodes.

5.2.3.1. Conduite du climat.

5.2.3.1.1 Conditions climatiques favorables au développement de la tomate, ravageurs et maladies fongiques.

Une humidité relative de 75% est jugée optimale. Elle permet d'avoir des fruits de bon calibre, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration. Une humidité trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entre nœuds. Elle favorise aussi le développement des maladies, notamment le botrytis et le mildiou. L'aération matinale permet de réduire l'humidité de l'air et élimine les petites gouttelettes de condensation qui se forme sur la paroi du plastique.

La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques. Les basses températures (-10°C) ralentissent la croissance et le développement des plantes entraînant un raccourcissement des entre nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production. Une température basse peut entraîner aussi des ramifications des bouquets.

Tableau 5.1 : Conditions climatiques favorables au développement de la tomate [105].

Tomate	Températures	Humidité	Observations
Croissance	T° minimales : 12°C T° optimales : 20°C T° maximales : 28°C	70 à 75 %	La moyenne est de 20°C.
Fécondation	T° minimales : 13°C T° optimales : 15 à 25°C T° maximales : 30°C		La moyenne est de 21°C.
Coloration des fruits	T° minimales : 10°C T° optimales : 15 à 25°C T° maximales : 30°C		La moyenne est de 20°C.

Le déroulement du développement et de la croissance des différents organes d'une plante, obéit étroitement aux conditions climatiques.

On note que la température idéale, pour un bon développement de la tomate est de 20°C. Pour le contrôle des conditions climatiques au niveau de la multi chapelle, nous avons pris un intervalle de température entre 20 et 25°C et de 70 à 75% pour l'humidité.

Les températures optimales pour le développement de la tomate sont :

Température diurnes : 20 - 25°C
Températures nocturnes : 13 - 17°C.

Tableau 5.2 : Conditions climatiques favorables au développement des ravageurs.

Ravageurs	Températures	Humidité	Observations	Références
Mineuse	14°C (76.3 jours) 27.1°C (23.8 jours)		La durée de développement dépend de la température	[118]
Mouche blanche	18 à 27°C			[120]
Acariens	+ 22°C	50%		[121]
Pucerons	20°C (8 à 9 jours)			-
Mouche mineuse	15°C (54 à 61 jours) 25°C (12 à 14 jours)			-
Thrips	15 à 30°C			[122]

NB/ L'humidité n'est pas un facteur limitant pour la multiplication des insectes.

Les niveaux d'abondance des populations d'insectes dépendent directement de facteurs abiotiques (Température), comme le climat, et ils interagissent avec l'environnement végétal.

Tableau 5.3 : Conditions climatiques favorables au développement des maladies fongiques.

Maladies	Températures	Humidité (a)	Observations	Références
Mildiou	15 à 20°C	+ 95 %	Le développement dépend beaucoup plus de l'humidité	[118] [121]
Botrytis	16 à 23°C			[121]
Oïdium	20 à 25°C	50 à 70%		[118]
Cladosporiose		+ 80%		

(a) : les valeurs prises en compte.

La connaissance de ces données, nous ont permis de mieux contrôler les conditions de développement de notre culture et ainsi de prévenir en cas de risque d'attaque par un agent pathogène.

5. 2.3.2. Contrôle et intervention.

L'adaptation des consignes tenant compte des mesures climatiques et des observations sur la culture sont effectuées au cours de la journée.

Nous avons utilisé différents matériels de contrôle climatique afin d'éviter les situations de stress de la plante, avec des températures et des humidités trop basse ou trop élevées qui peuvent produire des dégâts sur la culture. Un des points clé de la maîtrise du climat, c'est l'aération.

Nous avons agit sur la ventilation (Extracteurs d'air) pour éviter les condensations de l'eau sur les parties de la plante et sur les parois. Dans le cas d'un vent fort et desséchant, l'aération était réduite. L'écran thermique est utilisé pour économiser l'énergie dans le cas d'un refroidissement brutal.

5.2.3.2.1. Contrôle de l'humidité et de la température.

L'humidité est e facteur déterminant pour le développement du mildiou et du botrytis. Dans nos conditions d'expérimentation, les valeurs sont prises en considération et plus particulièrement les conditions de l'humidité que nous avons pu les contrôler grâce à l'équipement de la multi chapelle.

Pour augmenter l'humidité, nous avons utilisé la brumisation, par contre pour la diminuer, nous avons utilisé les deux extracteurs et les trois ouvrants latéraux. Il en est de même pour un excès de température, mais pour les températures basses, la multi chapelle n'est pas équipé d'un chauffage, son installation est prévu pour la campagne 2010-2011.

Nous avons effectués les relevés climatiques quotidiennement (Annexe -2-) afin d'évaluer le niveau de risque du développement du mildiou et du botrytis. Pour cela, nous avons élaboré une échelle d'évaluation comme suite :

- **Pas de risque** : Humidité relative inférieur à 80%.
- **Risque modéré** : Humidité relative est comprise entre 80% et 85%.
- **Risque élevé** : Humidité relative est comprise entre 85% et 90%.
- **Risque très élevé** : Humidité relative supérieur à 90%.

La gestion de la température était contrôlée par les extracteurs (Figure 5.2) en cas d'excès. La température était également gérée par l'utilisation de toile thermique (ombrière) (Figure 5.3).

Quand les rayons du soleil sont trop ardents, elle atténue une partie de rayonnement solaire durant les périodes chaudes de la journée. A l'inverse, elle est fermée la nuit, avant le couché du soleil pour piéger au niveau de la culture la chaleur venant du sol et accumuler au cours de la journée.

L'aération par l'ouverture des ouvrants latéraux (Figure 5.4) a joué un rôle essentiel dans la gestion du climat à l'intérieur de l'abri serre. Elle avait pour but d'atténuer les amplitudes thermiques et d'éliminer l'excès de chaleur et d'humidité accumulée à l'intérieur de la serre.

La gestion de l'air en serre et de la température qu'il règne sont liées ; plus il y a de circulation d'air, plus la température de la serre va être égale a celle de l'extérieur.

La pratique de la brumisation (Figure 5.5) sous abris a réduit les températures et a augmentée l'humidité de l'air et des plantes, peut aussi contenir et réduire les attaques d'oïdium et lutter contre les acariens (*Tetranychus urticae*) (une stratégie de lutte à confirmer).

Ce système bien efficace, il est utilisé de façon limitée car le brouillard mouillant le feuillage peut, en cas d'apports trop fréquents, favoriser le développement des maladies.

Dans notre expérimentation, la brumisation était appliquée chaque fois que l'humidité est inférieure à 60% avec une température supérieure à 30°C jusqu'à ce que l'humidité soit comprise entre 60% et 70% avec une température comprise entre 20 et 25°C.

Les températures moyennes journalières influent sur le développement des ravageurs et notamment sur les auxiliaires.

L'hygrométrie est plus élevée lorsque la serre est équipée d'écrans ; il faut donc adapter la conduite climatique de la culture. Sous abris, le climat est généralement plus humide ; ces conditions sont favorables au développement des maladies.

5. 3. Résultats et Interprétation

Les variations de températures jour/nuit sont assez élevées ou la maîtrise du climat était plus difficile.

La gestion climatique (lutte climatique), nous a permis de contrôler les conditions climatiques au niveau de la multi chapelle particulièrement la température et l'humidité, ainsi de favoriser le développement de notre culture dans de meilleures conditions.

Nous avons obtenu un gain en précocité, cette précocité se traduit par un nombre de jours (26 jours) par rapport à la serre dont les conditions climatiques ne sont pas contrôlées (Serre Témoin) (Figure 5.8), pour une plantation du 15/12/2009, le stade de la culture est au 1^{er} bouquet, par rapport à notre culture qui est au stade grossissement des fruits pour une plantation du 10/01/2010. (Figure 5.9).



Figure 5.8 : Date de plantation : 15/12/2009 Stade phénologique : 1^{er} bouquet (Originale, 2010)



Figure 5.9 : Date de plantation : 10/01/1010 Stade phénologique :
Grossissement des fruits. (Originale, 2010)

Chaque matin, nous avons constaté une condensation de l'eau sur les parois et sur le plastique de couverture, cette condensation est le résultat de forte transpiration des plantes pendant la nuit. Pour y remédier, nous avons pratiqué une légère aération et cette condensation est d'autant plus abondante et importante que l'air extérieur est froid.

L'hygrométrie a présenté un intérêt tout particulier pour la conduite de la ventilation et aussi sur la lutte antiparasitaire (mildiou et botrytis).

L'utilisation de l'insect proof et le mode de plantation en lignes jumelées ont provoquées une saturation de l'humidité, ce qui a rendu difficile le contrôle de ce paramètre, en plus, nous avons assisté à un développement du botrytis au niveau des feuilles, tiges et fruits.

La plantation en ligne jumelé à crée un microclimat favorable au développement du botrytis par une augmentation de l'humidité sous l'effet d'une mauvaise circulation de l'air entre les plants.

On n'a pas confirmé l'effet positif de la brumisation, la brumisation a eu un faible impact sur le climat (températures légèrement basse et légère augmentation de l'hygrométrie). Le contrôle manuel, nous a empêchés de suivre convenablement les conditions climatiques, il conviendra de vérifier ces observations sur d'autres essais. Il est beaucoup plus préjudiciable d'utiliser l'automatisme pour que le contrôle des facteurs climatiques soit permanent (jour et nuit).

La déshumidification de l'air peut être obtenue par agissement sur l'aération, sur le chauffage ou sur les deux à la fois. Notre multi chapelle n'est pas muni de chauffage ce qui a rendu le système d'aération insuffisant pour réduire le niveau d'humidité particulièrement quant ce niveau est très élevé à l'intérieur et à l'extérieur (Risque très élevé avec une humidité relative sup à 90%).

Dans le cas contraire, Pour humidifier l'air, le maintien de la transpiration à son maximum est le moyen le plus efficace. Pour notre culture, nous avons utilisé la brumisation.

L'apparition des différents organes (feuilles, tiges, rameaux, fleurs....) leur forme et leur croissance sont influencées par l'environnement et en particulier par le climat. La température agit à des niveaux différents sur la croissance, la fécondation, la maturation et la coloration des fruits.

Les interventions sur le climat sont associées à des interventions sur l'alimentation hydrominérale. De part les multitudes des situations observées et les nombreuses données engrangées dans ce chapitre, il n'a pas été possible de tout analyser. De même, le caractère d'observation et non expérimentation de cette étude a nécessité une constante adaptation.

Néanmoins, ce suivi a permis de mettre en lumière sur l'importance de la gestion climatique, en particulier la température et l'humidité sur le développement de la culture.

Tableau 5.4 : Evaluation du niveau de risque du développement des maladies **(a)** par jour **(b)** par rapport à l'humidité relative **(c)**.

19-Janvier	81,5*	09-Février	89**	08-Février	92,5***
20-Janvier	82,5*	14-Février	90**	13-Février	95***
24-Janvier	80*	19-Février	89**	15-Février	95***
25-Janvier	80*	07- Mars	89**	06- Mars	91,5***
26-Janvier	84*	12- Mars	86,5**	08- Mars	92,5***
28-Janvier	84*	14- Mars	86,5**	13- Mars	93,5***
29-Janvier	83,5*	16- Avril	87,5**	07- Avril	92,5***
31-Janvier	80*	16- Juin	85,5**	09- Avril	92,5***
10-Février	81,5*	* : Risque modéré. (52 jours) ** : Risque élevé. (08 jours) *** : Risque très élevé. (14 jours) (a) : Mildiou et botrytis. (b) : Jours à risque. (c) : Moyenne (Mini - Maxi).		12- Avril	91***
21-Février	85*			15- Avril	95***
23-Février	82,5*			22- Avril	97,5***
26- Février	80*			23- Avril	95***
03- Mars	80*			03- Mai	95***
04- Mars	85*			14- Juin	92,5***
05- Mars	80*				
22- Mars	85*				
23- Mars	80*		14- Mai	82,5*	
24- Mars	82,5*		16- Mai	80*	
25- Mars	82,5*	17- Mai	82,5*		
08- Avril	80*	22- Mai	80*		
10- Avril	80*	26- Mai	82,5*		
11- Avril	80*	27- Mai	80*		
13- Avril	80*	28- Mai	80*		
14- Avril	82,5*	29- Mai	82,5*		
17- Avril	85*	30- Mai	85*		
19- Avril	82,5*	31- Mai	82,5*		
29- Avril	80*	01- Juin	85*		
30- Avril	82,5*	03- Juin	80*		
01- Mai	85*	04- Juin	80*		
02- Mai	85*	07- Juin	80*		
04- Mai	85*	09- Juin	85*		
08- Mai	80*	10- Juin	82,5*		
09- Mai	82,5*	12- Juin	80*		
10- Mai	80*	15- Juin	85*		
11- Mai	82,5*	17- Juin	80*		

Notre stratégie de lutte contre le mildiou et le botrytis était basée essentiellement sur la gestion climatique. Nous constatons que durant 23 semaines d'expérimentation, nous avons eu 52 jours de risque modéré, 08 jours de risque élevé et 14 jours de risque très élevé, durant cette période à risque élevé, nous avons maintenu une surveillance régulière et que les observations ont porté essentiellement sur les plantes du milieu et particulièrement les rangs jumelés .

Le mois d'avril était le mois le plus favorable avec 06 jours de risque très élevé (Humidité sup. à 90%). Pour que l'humidité relative soit maintenue sous les 80%, il faut que la serre soit adéquatement aérée, en particulier la nuit parce qu'il y a accumulation de l'humidité (ce n'est pas dans notre cas).

Durant les journées du 13, 14 et 15/02/2010 (semaine 5), nous avons enregistré une forte humidité (risque élevé), par mesure préventif et raisonné, nous avons déclenché un traitement préventif contre le mildiou avec la bouillie bordelaise.

Un deuxième traitement a été réalisé au cours de la semaine 7 ou nous avons observé aussi un niveau de risque élevé de développement du mildiou durant la période du 6 au 8/03/2010.

Durant la première semaine du mois d'avril (le 07 et 09 /04/2010), nous avons constaté un début de développement du botrytis (Pourriture grise) au niveau des feuilles dont le principale symptôme est une sporulation grise et duveteuse, cette infestation s'est très vite propagée au niveau des fruits et des tiges durant la deuxième semaine (le 12 et 15/04/2010).

Cette attaque a été favorisée par une forte humidité (+ de 90%) qui régné à l'intérieur de la multi chapelle et par un temps couvert et très humide à l'extérieur.

Ces conditions se sont prolongées jusqu'à la fin du mois d'avril. Par manque de chauffage, nous n'avons pas pu déshumidifier l'air à l'intérieur, le système d'aération n'a pas suffit. Ainsi, nous avons procédé à l'application des traitements chimiques spécifiques.

Au total, nous avons réalisé 05 traitements contre la pourriture grise (Par pulvérisation foliaire et localisé par le goutte à goutte) dont trois matières actives ont été appliqué en alternance (Chapitre VI).

Les conditions d'humidité se sont prolongeait jusqu'au début du mois de mai, ce qui a favorisés le développement et la dissémination de la pourriture grise.

Tableau 5. 5 : Les moyennes (a) hebdomadaires des températures et de l'humidité relative.

Périodes et Moyennes	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Min	Maxi	Moyennes
1 ^{ère} semaine	12	27,75	19,87	52,75	100	76,37
2 ^{ème} semaine	11	24,85	17,92	58,28	99,14	78,71
3 ^{ème} semaine	7,85	26,28	17,07	45	94,14	69,57
4 ^{ème} semaine	11,71	26,28	19	63,28	99,14	81,21
5 ^{ème} semaine	10,14	24,14	17,14	66,42	99,28	82,85
6 ^{ème} semaine	11,28	27,14	19,21	57,57	99,71	78,64
7 ^{ème} semaine	13,14	29,28	21,21	54,57	99,14	76,85
8 ^{ème} semaine	10,57	22,42	16,5	64,85	99,71	82,28
9 ^{ème} semaine	9,28	23,57	16,42	58,57	98,28	78,42
10 ^{ème} semaine	13	26,71	19,85	55,71	98,14	76,92
11 ^{ème} semaine	11,57	26,42	19	51	100	75,5
12 ^{ème} semaine	11,14	22,85	17	56,71	98,71	77,71
13 ^{ème} semaine	13,85	24,71	19,28	71,71	100	85,85
14 ^{ème} semaine	14,28	25	19,64	62,85	100	81,42
15 ^{ème} semaine	13,57	27,42	20,5	53,57	100	76,78
16 ^{ème} semaine	14,71	28,42	21,57	67,85	100	83,92
17 ^{ème} semaine	16	28,42	22,21	58,57	100	79,28
18 ^{ème} semaine	14	25,57	19,78	52,85	99	75,92
19 ^{ème} semaine	15,57	28,71	22,14	52,85	99	75,92
20 ^{ème} semaine	16,28	30,57	23,42	61,42	100	80,71
21 ^{ème} semaine	18,14	32,57	25,35	57,85	100	78,92
22 ^{ème} semaine	17,85	28,42	23,14	64,42	100	82,21
23 ^{ème} semaine	16,28	30,57	23,42	47,85	100	73,92

(a) : Moyennes des températures et humidité (Mini + Maxi / 2).

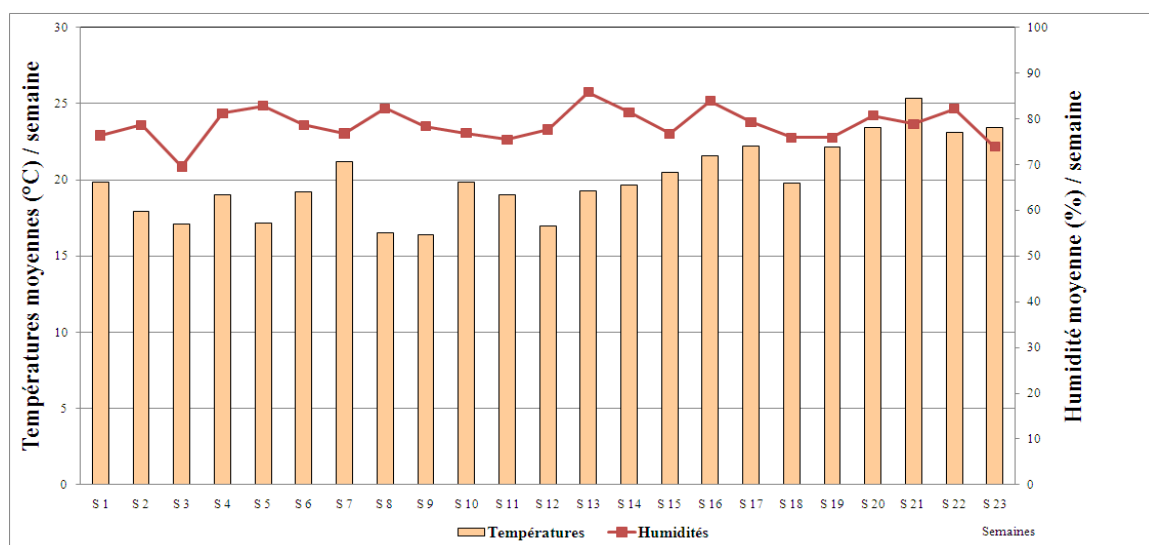


Figure 5.10: Moyenne des températures et de l'humidité relative par semaine

La moyenne hebdomadaire des températures varie entre 17°C et 25,35°C, la 21^{ème} semaine était la plus chaude (début juin ; 25,35°C) par contre la 12^{ème} semaine (début d'avril ; 17°C) était la plus froide.

On note une élévation des températures à partir de la 15^{ème} semaine (fin avril).

Le moyenne hebdomadaire de l'humidité varie entre 73,92 % et 85,85%, la semaine la moins humide était la 3^{ème} semaine (fin juin) par contre la plus humide était la 13^{ème} semaine (mi-avril).

La moyenne des températures et de l'humidité enregistrée répond aux exigences de notre culture pour la croissance, la fécondation et la coloration des fruits.

5.4. Conclusion.

La tomate est une espèce relativement peu exigeante. Les températures minimales se situent entre 11 et 13°C, les optimales entre 17 et 22°C et les maximales entre 30 et 35°C.

Les plantes, pour la plus part des variétés ne poussent pas en dessous de 10°C et la mise à fruit est comprise entre 10 et 15°C.

Cependant, la tomate peut supporter 8°C que des températures égales ou supérieures à 35°C sans compromettre le rendement. Pratiquement, nous avons cherché à obtenir une température moyenne se situant entre 20 et 25°C. La tomate se développe dans une gamme relativement assez large d'humidité de l'air.

La production a été affectée principalement par les humidités trop fortes qui ont favorisé le développement du botrytis. Par une bonne gestion des conditions climatiques, nous n'avons pas enregistré des humidités trop faibles (inférieur à 60%).

Les données climatiques sont très utiles pour l'évaluation du risque des attaques (Avertissements agricoles) par les maladies, principalement la pourriture grise et le mildiou, une surveillance régulière et bien structurée des données climatiques (températures et humidité), nous a facilité la prise de décision.

La lutte climatique est donc un champ de recherche à investir pour réduire l'incidence des maladies et des ravageurs.

Dans ce cadre, il faut la modélisation de la production qui est un outil pour le futur en utilisant les moyens informatiques.

L'intérêt de ces modèles est multiples ; ils résument nos connaissances sur le comportement des plantes et devraient, dans l'avenir, permettre non seulement des progrès au niveau de la recherche, mais aussi déboucher sur des applications dans la maîtrise du climat, la conduite des cultures et l'aide à la prise de la décision.

L'automatisation des interventions réduit les frais de main –d'œuvre et ajuste avec plus de précision les conditions climatiques aux consignes, elle nécessite cependant des investissements supplémentaires.

La surveillance des conditions climatiques (humidité relative et température) reste le moyen le plus efficace pour évaluer le niveau de risque des maladies (Avertissement agricole).

Il est à signaler que tout traitement chimique par affolement n'engendre qu'une augmentation des charges et un risque élevé de développement des phénomènes de résistance et de pollution de l'environnement.

Les différents facteurs du climat ont une action qui dépend des autres facteurs. Par exemple, la température optimale pour la croissance dépend du niveau d'éclairement, ce dernier paramètre n'est pas pris en considération dans notre étude, nous ne possédons pas de matériel spécifique de mesure du niveau de l'intensité lumineuse.

CHAPITRE VI

GESTION DE LA PROTECTION INTEGREE

6.1. Introduction.

La pullulation d'insectes au niveau des serres présente un danger permanent, elle incite à une application intensive de pesticides sans pour autant donner une efficacité totale, 80% des traitements sous serre sont des insecticides et des acaricides.

Nos agriculteurs effectuent en moyenne 15 à 20 traitements par serre tunnel tout au long du cycle végétatif d'une culture avec des produits de synthèse très dangereux, ceci induit une incidence économique considérable et surtout un danger permanent pour le consommateur et l'environnement induisant une résistance de différents parasites due à :

- L'application intensive des produits.
- Mauvaise alternance.
- Le non respect des doses et des fréquences d'application.

Pour l'heure, le plus important reste la lutte contre la mineuse (*Tuta absoluta*) qui peut provoquer jusqu'à 100% de perte de la production sur les plants de tomate. La culture en plein champs reste la plus vulnérable parce qu'elle ne dispose pas des mêmes moyens de protection que la culture sous serre. « Les insecticides et certains produits utilisés pour lutter contre ce ravageur ne sont pas assez efficaces ». En plus, *Tuta absoluta* est un ravageur très difficile à contrôler.

L'efficacité de la lutte chimique est limitée par la capacité de l'insecte de développer rapidement des souches résistantes aux insecticides. Aussi, l'utilisation des facteurs biologiques sont encore largement en développement et ne sont pas prêt à combattre efficacement ce ravageur d'une manière rentable. Le matériel végétal que nous avons utilisé ne possède pas de résistance, ni de tolérance génétique à la mineuse (*Tuta absoluta*).

En général, la gestion phytosanitaire a portée sur la mise au point d'une stratégie globale de lutte intégrée fiable contre tout les bio agresseurs et particulièrement sur un des plus important ravageurs parmi d'autres sur tomate : la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*).

La mise en œuvre rapide d'une stratégie de lutte, fait souvent recourir à l'intégration de plusieurs méthodes de lutte. Notre gestion phytosanitaire a consisté à la mise en place des différentes mesures pour la surveillance, le contrôle et enfin, la prise de décision.

Une combinaison de méthodes de protection s'impose pour limiter les populations de *Tuta absoluta*, il est pratiquement impossible de lutter contre la mineuse avec une seule méthode, il faut intégrer les mesures prophylactiques, la lutte biotechnologique, la lutte physique et la lutte chimique raisonnée. La protection phytosanitaire a commencé impérativement par l'adoption d'une série de pratiques culturales (Chapitre IV) et de gestion climatique (Chapitre V) permettant d'éviter ou de retarder l'apparition de ravageurs ou de maladies dommageables pour la culture.

Ces pratiques consistent entre autres à utiliser des variétés résistantes et des plants sains et à cultiver dans un abri désinfecté ultérieurement et dont les ouvrants sont munis de filets insect-proof, empêchant l'entrée d'insectes nuisibles.

Les filets anti-insecte sont posés au niveau des ouvertures latérales et des entrées. Les filets sont indispensables dans les zones contaminées et en pépinière. Ils sont vivement recommandés sur toutes les structures dans les zones à risque important de contamination. Conjointement à la pose des filets, il est indispensable d'étanchéifier la structure en colmatant tous les trous et les fissures, notamment au niveau des montants et des portes (Figure 6.1).



Figure 6.1: Filet insect proof (Original, 2010)

L'entrée est équipée de SAS, afin qu'il n'y ait jamais de contact direct entre l'extérieur et l'intérieur de la multi chapelle.

L'accès du personnel à la culture est contrôlé et limité au strict nécessaire, une tenue de travail (Tablier) est mise à la disposition du personnel, d'autres mesures prophylactiques telles que l'installation d'un pédiluve à l'entrée de la multi chapelle qui est entretenu avec un désinfectant (eau javellisée) pour éviter les contaminations extérieures, (Figure 6.2).

La désinfection du matériel, port de gants et le maintien des abords propres par un désherbage régulier sont prises en considération et peuvent participer aux bonnes pratiques agricoles et sont utiles dans la lutte contre les maladies et les ravageurs.



Figure 6.2 : Pédiluve (Originale, 2010).

6.2. Matériel et méthodes.

6.2.1 Matériel utilisé.

La surveillance était poursuivie pendant toute la culture, tous les jours pour évaluer son état sanitaire général. La mise en place de 30 plaquettes engluées (feuilles A4) jaunes, nous a permis la surveillance et un dépistage précoce des ravageurs (pucerons ailés, mouche blanche, et la mouche mineuse) et pour les thrips, nous avons utilisé 10 plaquettes bleues engluées (Figure 6.3).



Figure 6.3 : Plaquettes jaunes et bleues engluées (Originale, 2010)

Nous avons porté une attention particulière aux relations entre la température, l'humidité et l'apparition des maladies (Mildiou, Botrytis), parce que ce sont des facteurs de base qui limitent le comportement des agents phytopathogènes (Chapitre V).

Mise en place des pièges.

Au stade 1^{er} bouquet, nous avons installé en premier 08 panneaux englués jaunes en plastique répartis entre les deux allés de la multi chapelle à une hauteur de 20 cm du sol.

Au stade 4^{ème} bouquet, nous avons ajouté des panneaux jaunes en plastique englués des deux côtés entre les deux allés de chaque chapelle (Piégeage de masse) (Figure 6.4).

- 8 (4x2) panneaux jaunes englués de 3 m² chacun (1,5 m x 2m) placés à une hauteur de 20 cm du sol.
- 8 (4x2) panneaux jaunes englués de 1,6 m² chacun (0,8 m x 2m) placés à une hauteur de 1.20m du sol.

Au total, nous avons utilisés 36,8 m² de plastique jaune englué (24 m² + 12,8 m²). Les panneaux sont disposés d'une manière alternée par rapport à la hauteur du sol (Figure 6.4).

La glu que nous avons utilisée est incolore, inodore et ne sèche pas (Origine : Belgique) (Figure 6.5)

Les panneaux jaunes englués des deux côtés permettent d'attraper les ravageurs qui volent comme les mouches blanches, les thrips, les mouches mineuses, les pucerons ailés et la mineuse (*Tuta absoluta*) de passage.

En attrapant les adultes, on brise le cycle de production des œufs, ce qui abaisse considérablement les populations sans avoir à traiter souvent : c'est un système de piégeage de masse.

Malheureusement, l'installation de ce type de piège a réduit la circulation de l'air et il ya un risque de piégé aussi les auxiliaires utiles, exemple un chrysope piégé (Figure 6.6), c'est un prédateur qui se nourrit de pucerons et de mouches blanches.



Figure 6.4 : Panneaux jaunes englués (Originale, 2010).



Figure 6.5 : Glu utilisé (Originale, 2010).



Figure 6.6 : Adulte de Chrysope (Auxiliaire) (Originale 2010).

6.2.2 Méthodes utilisées.

6.2.2.1 Surveillance.

Elle n'était en aucun cas négligée en prétextant d'autres tâches. Elle a commencé en pépinière. Elle était régulière, continue. Le but était de repérer les premiers foyers des organismes nuisibles et de suivre régulièrement leurs évolutions. Les informations requises permettent une prise de décision adéquate. Une surveillance bien structurée et régulière, nous a facilitée la prise de décision.

La méthode de base pour un recensement des ennemis présents dans une culture est l'observation visuelle appelée communément contrôle visuel, elle était réalisée à l'aide d'une loupe. Il consiste, le plus souvent, à noter uniquement la présence ou l'absence d'ennemis sur un nombre d'organes bien défini afin d'établir une fréquence d'occupation.

Pour des raisons pratiques, l'échantillon observé ou prélevé était le plus petit possible, tout en restant représentatif à l'attaque de l'ennemi. La surveillance a constituée l'élément fondamental de la protection intégrée, les informations requises nous ont permis la prise de décision adéquate.

Les observations constituent la base de la conduite de la protection raisonnée. Elles permettent d'adapter la stratégie à chaque unité de serre. Il est souhaitable que ce soit la même personne qui assure la totalité du suivi phytosanitaire (observations, notations ...).

6.2.2.2 Prise de décision.

La prise de décision prend en considération les données recueillies sur la situation sanitaire lors de la surveillance, les mesures que nous avons prises ne sont pas dictées par l'état d'une situation à un moment donné, mais par son évolution. Nous avons pris également en considération les données climatiques. Le niveau d'intervention a constitué un outil de prise de décision.

Ce niveau a représenté la dynamique du ravageur et de la maladie à la quelle des mesures d'interventions et de lutte ont été appliquées. Pour les maladies fongiques, nous avons basé sur l'estimation du niveau d'infestation et pour les ravageurs, nous sommes basés sur le comptage.

La surveillance, nous a permis d'évaluer le niveau de risque et de démarrer très tôt mais aussi trop tard (ce qui permet de retraiter en rattrapage) dans les deux cas, nous avons diminué le nombre d'application tout en maintenant leur efficacité.

L'évaluation des niveaux de risque avec présence ou absence au niveau de chaque plant et chaque piège observée était généralement suffisante pour prendre une décision appropriée.

6.2.2.3 Gestion phytosanitaire.

Pour les maladies les plus importantes, la détection des premiers foyers et d'une importance primordiale pour pouvoir maîtriser la situation. Nous avons donné la priorité aux mesures prophylactiques, les pratiques culturales (Chapitre IV) et la gestion climatique (Chapitre V) pour réduire les infestations par les ravageurs et les maladies.

6.2.2.3.1 Maladies cryptogamiques.

6.2.2.3.1.1 Méthodes utilisées.

Le programme de lutte était adapté en fonction des variétés, de la région, de la période de production, des conditions climatiques et des risques des maladies. Le contrôle est effectué sur 25 plants répartis entre entrées, parois et centre de la multi chapelle à raison de 5 plants par endroit, afin d'évaluer la situation phytosanitaire et de repérer les premiers foyers.

La surveillance du botrytis a été régulière et les observations ont porté sur les plantes du milieu au niveau de la tige, feuilles et les fruits. Une attention particulière a été donnée aux endroits les plus humides de la serre et aux conditions climatiques particulièrement l'humidité.

La détection précoce, nous a permis d'éliminer les organes malades. Un organe était considéré atteint de pourriture grise s'il présente des lésions actives avec présence des spores du champignon.

La meilleure prévention contre cette maladie était l'aération pour éviter les excès d'humidité, un effeuillage des feuilles basses permet aussi d'aérer les parties basses de la plante et une meilleure circulation de l'air dans la serre, l'élimination des feuilles sénescentes permet de réduire l'infestation.

Les observations ont portées sur la présence des taches de spores ou de mycélium sur les feuilles et de chancre sur les tiges et les taches fantômes sur fruits.

Il a été recommandé de ne pas réalisé l'effeuillage et l'ébourgeonnage au moment de forte humidité, ces pratiques ont pour conséquence de créer des plaies sur la tige qui sont des voies potentielles pour la pénétration du *Botrytis cinérea*.

Pour la mildiou, La surveillance des conditions climatiques (humidité relative et température) reste le moyen le plus efficace pour évaluer le risque, Au niveau des plantes, nous avons porté un attention particulière des plants du milieu de la serre ou les conditions sont plus favorables par un contrôle le matin afin de détecter les premiers foyer. L'aération reste le meilleur moyen de prévention afin de maintenir une humidité inférieur à 90%.

Pour l'oïdium, la lutte chimique préventive ne s'est pas imposée. La détection des premiers symptômes est très importante pour pouvoir contrôler la maladie. La surveillance a porté essentiellement dans les endroits les plus chauds de la serre entre les parois et l'observation a portée sur la présence des taches du mycélium surtout au niveau de la strate du milieu et du bas de la plante.

Pour l'alternaria, la surveillance a portée sur la présence des taches au niveau des feuilles, tiges et fruits.

6.2.2.3.2 Ravageurs.

6.2.2.3.2.1 Méthodes utilisées.

- Thrips : La surveillance des thrips était basée sur l'utilisation des pièges englués bleue, en plus sur des observations directes des plantes (fleurs).

- Mouches blanches : La surveillance était basée sur l'observation des panneaux jaunes englués afin de détecter les premiers voles suivi d'une observation des plantes situées proches des entrées et des ouvertures d'aération(extracteurs), les observations sont effectuées sur le face inférieur des feuilles au niveau de la strate du milieu et du bas pour détecter les larves et le pulpes. L'observation a portée aussi sur la détection de la présence des feuilles en cuillère pour le TYLCV, qui est un virus transmis par ce ravageur.

- Mouche mineuse : La surveillance était basée sur des observations directes des plantes et sur les pièges jaunes englués, la surveillance a porté aussi sur des observations des plantes essentiellement sur la présence des mines et de larves vivantes au niveau des feuilles. Au niveau des pièges l'observation a portée sur la présence des adultes du ravageur.

- Acariens: La surveillance était basée sur des observations sur la face inférieure des feuilles choisies au hasard dans les parties des plantes qui se trouvent dans les endroits les plus ensoleillés de la serre et les plus chauds (comme oïdium).

- Pucerons: La surveillance était basée sur les observations des plantes en recherchant des éventuelles colonies sur la face inférieure des feuilles et particulièrement les plantes situées à proximité des ouvertures de la serre. Au niveau des pièges jaunes l'observation a porté sur la présence des pucerons ailés.

6.3. Résultats et discussion.

L'utilisation des panneaux jaunes englués longs et larges ont eu des actions sur le climat (mauvaise circulation de l'air et élévation de l'humidité) et des répercussions sur le développement des auxiliaires naturelles mais ils ont permis d'attraper un grand nombre de ravageurs qui volent (pucerons, mouches blanches et mouches mineuses et même la mineuse).

En attrapant les adultes, nous avons brisé le cycle de production des œufs, ce qui a fait baisser considérablement les populations sans atteindre le seuil de nuisibilité et sans avoir à traiter. Les filets insect-proof ont été utilisés et ils ont constitué pour cet effet de « barrière physique », afin d'empêcher la pénétration des ravageurs mais diminuent l'aération.

La culture n'a subi aucun dégât important de mouche mineuse, thrips, acariose et de mouche blanche, quelques galeries provoquées par les larves de mouche mineuse ont été observées sur les étages foliaires inférieurs, mais cette attaque a été jugée sans gravité sur la culture et aucune action curative n'a été réalisée.

Nous avons détecté des adultes de mouches blanches au niveau des panneaux jaunes, ceci, nous a indiqué que ce ravageur n'est pas bien établi au niveau de la culture sachant que nous n'avons pas trouvé de pupes, ni de larve au niveau des feuilles, ainsi, nous n'avons pas jugé utile d'effectuer de traitement insecticide, il semblerait que l'utilisation des panneaux jaunes englués a réduit les attaques d'adultes.

Aucun foyer d'acariose n'a été repéré et aucun thrips n'a été observé au niveau des panneaux bleus, ni sur feuille ou dans les fleurs durant toute la période de la culture. Par ailleurs, quelques feuilles perforées ont été observées ce qui correspondait aux dégâts de noctuelles, la gravité des dégâts est restée faible. Le traitement avec *Bacillus thuringiensis* (semaine 9) a pu avoir une action efficace sur les larves.

Les pucerons et les aleurodes sont apparus assez tôt au niveau des pièges jaunes seulement, ils n'ont provoqué aucun dégât direct ou indirect (miellat, fumagine et virus).

Le niveau d'infestation est présenté dans le Tableau (6.1), ainsi que les différents traitements réalisés dans le Tableau (6.2)

Pour les autres, aucune tache d'oïdium n'a été observée, quelques taches d'alténaria sont apparues au début de culture mais sans gravité, il semblerait que le traitement préventif avec la bouillie bordelaise (5^{ème} et 7^{ème} semaine) contre le mildiou a eu d'effet sur ce champignon.

Le botrytis s'est développé à partir d'un foyer (début d'avril), puis il a envahit toute la culture à un niveau de dégât moyennement grave. L'humidité très élevée a favorisé son développement durant cette période, la présence d'eau libre, un temps gris et couvert avec une humidité saturante à l'intérieur et à l'extérieur.

C'est à partir des blessures (point d'infection) qu'il s'est développé, en se multipliant, il a atteint les fruits, feuilles et tiges (Figure 6.7 ; 6.8 ; 6.9).



Figure 6.7 : Botrytis sur fruit
(Originale, 2010)



Figure 6.8 : Botrytis sur feuille
(Originale, 2010)



Figure 6.9 : Botrytis sur tige (Originale, 2010).

Dans notre programme de traitement contre le botrytis (Tableau 6.2), nous avons alterné les fongicides à mode d'action différent, ces traitements ont été appliqués à titre curative et d'une manière raisonnée en alternant les familles chimiques, sachant que ces produit sont utilisé dans le cadre de la production et la protection intégrée, ainsi, nous somme passé d'un niveau de risque moyennement grave (++) à un niveau peu important(+) selon l'échelle de notation ci dessus.

- (+) : Dégâts peu importants
- (++) : Dégâts moyennement graves
- (+++): Dégâts graves
- (++++): Dégâts très graves compromettant en partie la récolte ou la rende non commercialisable.

Des mesures ont été prises aussi par élimination des fruits attaqués et effeuillage.

Tableau 6.1 : Différents ravageurs et maladies rencontrés et méthodes de protection.

Maladies	Panneaux jaunes englués	Panneaux bleus englués	plantes	Méthodes de lutte
Pourriture grise			+++ (Feuilles-tiges-fruits)	- Gestion climatique (aération) - Effeuilage - Elimination des organes atteints (culturelle) + traitements chimiques
Mildiou			+ (feuilles)	- Gestion climatique (aération) + traitements chimiques préventifs
Oïdium			-	- Brumisation (stratégie de lutte à confirmer)
Mouches blanches	++		+	- Pièges jaunes - Filet Insecte Proof
Mouches mineuses	+		+ (feuilles)	- Pièges jaunes - Filet Insecte Proof
Pucerons	+		-	- Filet Insecte Proof
Acariens			-	- Brumisation (stratégie de lutte à confirmer)
Thrips			-	- Pièges bleus
Noctuelles			+ (feuilles)	- Pièges lumineux

Légende :

- : Pas d'infestation.
- + : Infestation faible (Traces).
- ++ : Infestation moyenne.
- +++ : Forte infestation.
- ++++ : Très forte infestation.

Tableau 6.2 : Différents traitements réalisés.

Ravageurs et Maladies	Matière active	Nom commercial	Doses	Nombre de traitement	Observations et modes d'application
Nématodes	Dazomet	Dacron	50 g/m ²	1	- Epandage, (Traitement préventif)
Insecticide/ Acaricide	Speromesifen	Oberon	60 ml/hl	1	- Traitement de l'infrastructure par pulvérisation
Ver gris	Cypermethrine	Cypermight super	20 ml/hl	1	- Pulvérisation localisée au pied du plant (1/6 de la surface totale)
Mildiou	Cuivre du sulfate	Bouillie Bordelaise	1,5 kg/hl	2	- En préventive par pulvérisation foliaire
Botrytis (Pourriture grise)	Tolyfluanide	Euparen	1,5 kg/h a	2	- Pulvérisation foliaire, Homologué contre le mildiou (préventive)
Botrytis (Pourriture grise)	Iprodione	Rovral	150 ml/hl	2	- Localisé au goutte à goutte et pulvérisation foliaire
Botrytis (Pourriture grise)	Carbendazime	Bengu	500 ml/hl	1	- Pulvérisation foliaire

Deux applications de bouillie bordelaise étaient pratiquées préventivement contre le mildiou, ces traitements ont été réalisés en raison du climat favorable (Humidité et Température) durant la 5^{ème} et 7^{ème} semaine, et en absence de symptôme de maladie, par ailleurs, d'autres applications étaient prévues en cas d'apparition des symptômes de mildiou ou d'oïdium, mais aucun traitement ne s'est avéré nécessaire.

Au total, 10 traitements phytosanitaires ont été réalisés, dont deux en préventif avec la bouillies bordelaise contre le mildiou et 05 traitements curatifs contre la pourriture grise, ce qui représente 50% des traitements effectués.

Nous avons eu une attaque assez sévère du botrytis. Ces traitements ont été appliqués par différents modes : pulvérisation localisé, par le goutte à goutte et par pulvérisation foliaire (Tableau 6.2).

Le choix du produit phytosanitaire et son mode d'application étaient essentiels. C'est même un élément majeur dont il faut tenir compte dans la gestion phytosanitaire.

6.4. Conclusion.

La production de tomates de serre dépend beaucoup de la lutte antiparasitaire intégrée. Grâce à un équilibre méticuleux entre les mesures de surveillance de la culture, de l'hygiène et les contrôles cultureux, physiques et chimique raisonnée de nombreux producteurs peuvent réduire, voire éliminer, la nécessité d'appliquer les produits chimiques pour enrayer certains ravageurs et maladies.

Une bonne maîtrise des conditions climatiques (gestion du climat), des éléments nutritifs et de l'irrigation (fertigation) sont essentielles à la croissance optimale des tomates de serre. Ces facteurs exigent d'ailleurs des stratégies de conduite particulières à chaque stade du cycle de croissance.

Ce succès s'explique par un environnement favorable (« climat » de la multi chapelle, conduite optimale de la culture), une organisation rigoureuse du travail sur le terrain, une forte motivation, emploi raisonné des intrants phytosanitaires.

C'est ainsi que la production et la protection intégrée des cultures sous abris exige un suivi technique rigoureux impliquant d'abord des mesures prophylactiques et des mesures de protection biologique intégrée et en dernier, la lutte chimique raisonnée.

La clé du succès d'un programme de protection biologique intégrée repose sur la détection rapide des insectes nuisibles et la prise de décision. Les pièges collants de couleur bleue ou jaune et à phéromones attirent de nombreux insectes nuisibles tel que les pucerons, les aleurodes, les mouches mineuses, la mineuse et les thrips. Ils sont très efficaces dans les cultures sous abris.

Cette démarche de gestion phytosanitaire par l'application d'une stratégie de protection biologique intégrée, nous a permis de :

- réduire l'application des pesticides, particulièrement les insecticides de synthèse ;
- lutter contre les ravageurs en respectant l'environnement ;
- Eviter les risques de santé pour le consommateur et l'apporteur.

CHAPITRE VII

LUTTE INTEGREE CONTRE LA MINEUSE DE LA TOMATE

(*Tuta absoluta* Meyrick.)

7.1. Introduction.

Dans la plupart des cas, on signale des formes de résistance que la mineuse développe sans difficulté, ce qui réduit au néant les perspectives de lutte chimique. Souvent, des résistances aux insecticides se développent d'autant que les concentrations sont plus fortes.

Une attitude que partagent tous nos agriculteurs qui ont la fâcheuse tendance de sur doser les produits de traitement, espérant bien naïvement en tirer quelque avantage.

LACORDAIRE et al [98] signalent que la mineuse dans son aire d'origine présente une résistance à de nombreux produits phytosanitaires. Pour cela, nous avons adopté une nouvelle stratégie de lutte contre *Tuta absoluta* par l'utilisation des pièges à phéromone et des pièges lumineux.

Pour cela, nous avons expérimenté en premier les différents types de piège afin de déterminer leurs efficacités.

Nous avons appliqué plusieurs méthodes alternatives de lutte :

- Lutte biotechnique : par l'utilisation des phéromones (Piège Delta), c'est une technique olfactive
- Lutte physique: par l'utilisation de la lumière (Piège lumineux), c'est une technique visuelle.
- Lutte biophysique: Pièges lumineux appâtés avec phéromone, c'est une technique olfactive + visuelle.
- Lutte biotechnologique : par utilisation des produits biologiques d'origine bactérienne et végétale.
- Lutte chimique raisonnée.

Une seule méthode de lutte ne peut contrôler la mineuse de la tomate, il faut intégrer plusieurs approches de lutte dont la plus importante de toutes est la lutte prophylactique.

Les mesures prophylactiques prises contre *Tuta absoluta* : nous avons assuré une prophylaxie rigoureuse. Pour cela :

- 1- Nous avons assuré qu'aucun fruit, plante ou mauvaise herbe ne se trouve dans la multi chapelle afin de prévenir toute contamination par les ravageurs à partir des anciennes cultures.
- 2- Nous avons installé du filet insecte proof (6x 9fil/cm²) dans toutes les ouvertures afin d'empêcher la pénétration des papillons de *Tuta absoluta* et d'autres ravageurs ; d'aérer la serre pour éviter l'installation d'autres maladies ; maintenir une double porte toujours fermée,
- 3- Nous avons respecté le vide sanitaire de plus de 06 semaines entre l'arrachage de la culture précédente (tomate) qui était fortement infestée par *Tuta absoluta* et la nouvelle plantation.
- 4- Nous avons utilisé des plants sains, sans signe de présence de *Tuta absoluta* et d'autres ravageurs, en plus, nous avons installé un piège à phéromone pour la surveillance hebdomadaire des papillons de *Tuta absoluta* (monitoring). Le principe est d'attirer les mâles par la phéromone femelle, les mâles sont ainsi piégés et restent fixés sur le fond englué. En les comptants, nous pouvons déterminer le niveau de population et leur distribution. A partir d'un certain nombre de mâles attrapés, nous pouvons déclencher la lutte.
- 5- Nous avons appliqué un paillage noir intégral du sol qui est vivement recommandé pour empêcher la nymphose de *Tuta absoluta* dans le sol.
- 6- Nous avons pratiqué un effeuillage régulier pour une meilleure aération de la culture afin d'éviter le développement des maladies cryptogamiques (mildiou et botrytis), en plus, cette pratique a permis d'éliminer les feuilles infestées par les larves de la mineuse. En procédant à l'élimination des feuilles, fruits et organes infestés par *Tuta absoluta* a empêché que le ravageur complète son cycle et continue à se propager.
- 7- Nous avons assuré un désherbage régulier à l'intérieur et à l'extérieur de la multi chapelle, Cela est primordial dans toutes mesures prophylactiques car les mauvaises herbes constituent un foyer pour les ravageurs et les maladies

7.2. Différents pièges et contrôle (monitoring).

7.2.1 Matériel et méthodes.

Durant cette première partie d'expérimentation, Nous avons utilisé des pièges à phéromone et des pièges lumineux afin de contrôler la dynamique de la mineuse (monitoring) et de pouvoir déterminer leurs efficacités.

La mise en place d'un piège « Delta » contenant une phéromone Pherodis est effectuée (en pépinière) avant la plantation (du 15/12/2009 au 14/01/2010) afin de mettre en évidence le ravageur et de le contrôler, ce qui représente un outil fiable de détection précoce des papillons mâles de *Tuta absoluta*.

7.2.1.1. Mise en place des pièges : Date de mise en place des pièges pour la capture des adultes de *Tuta absoluta* : (14/01/2010)

A la plantation, nous avons augmenté le nombre de piège, l'intervention permet d'empêcher l'accouplement, donc on peut parler de méthode de lutte « hyper préventive » par comparaison avec les traitements chimiques dites « préventifs », la technique consiste à piéger au maximum de mâles présent dans la multi chapelle ainsi la fréquence des accouplements se trouve fortement diminuée et permet de limiter le nombre de traitements chimiques.

Elle nécessite une mise en place d'une quantité suffisante de pièges pour une superficie de 1000 m² et de changer les diffuseurs toutes les 4 semaines. Au total, nous avons utilisé 05 phéromones : (Koppert France recommande 20 à 50 pièges par hectare).

- 02 Pièges Delta.
- 02 Pièges à eau (Bassines).
- 01 Panneau jaune en plastique de 3 m² englué d'un seul côté avec phéromone suspendu (Figure 7.1).

Chaque modèle de piège est appâté par une phéromone, en plus, nous avons utilisé un panneau jaune en plastique de 3 m² (1,5x 2m) englué des deux côtés sans phéromone (Témoin) et un piège lumineux.



Figure 7.1 : Panneau jaune englué avec phéromone suspendu (Originale, 2010).

- Piège Delta (Figure 7.2): C'est aujourd'hui un moyen de capture à base de phéromone le plus utilisé. Il s'agit d'une petite boîte triangulaire en carton imperméabilisé. Ce piège contient une capsule attractive renfermant un analogue de synthèse de la phéromone naturelle de la femelle du ravageur et une plaque de glu pour capturer les individus mâles.

La capsule est spécifique d'une espèce de papillon (*Tuta absoluta*) et elle est renouvelée toutes les 04 semaines, les plaques engluées des pièges étaient changées régulièrement pour éviter leur saturation. Le piège Delta est tendu à une ficelle et distant de 1,20 m environ du sol. La capsule est stocker et conserver à 4°C environ dans le réfrigérateur. Les relevés de piégeage sont effectués chaque jour.



Figure 7.2 : Piège Delta (Originale, 2010).

- Piège à eau : (Figure 7.3) Ce sont des récipients contenant de l'eau au dessus desquels sont fixées des capsules de phéromones. Les papillons mâles ainsi attirés se noient. Ce sont des bassines de 30 à 40 cm de diamètre environ remplies d'eau + huile ou un détergent.

L'huile limite l'évaporation et le développement d'algues ou le détergent pour rompre la tension superficielle. , les bassines sont déposées sur une caisse à une hauteur de 20 cm du niveau du sol. Il faut s'assurer que la bassine soit constamment remplie d'eau.



Figure 7.3 : Piège à eau (bassine) (Originale, 2010).

- Piège lumineux : (Figure 7.4) Le nouveau piège lumineux est capable de piéger des insectes mâles durant la nuit en plus d'un nombre de population femelle, causant une perturbation majeure pour le schéma d'accouplement et de déclin ultérieur de la population du ravageur, réduisant ainsi les dégâts à la culture. Nous avons utilisé deux lampes de 200watt blanches.

Les lampes sont installés en altitude plus basse (50 cm du sol) aux deux extrémités de la multi chapelle (un piège par extrémité), dans les allées, en arrière, un panneau jaune englué en plastique de 6 m² (1,5 m x 4m), sous le piège, nous avons placer une bassine rempli d'eau mélangé avec un détergent, pour récupérer les adultes qui se heurtent à la lampe et se brûle. Les bassines ne sont pas appâtées avec les phéromones.

Le principe du piège lumineux est d'attiré les adultes mâles et femelles, qui volent autour de la lampe jusqu'à épuisement, ces adultes seront soit brûler en se heurtant à la lampe soit piéger au niveau du panneau jaune englué.

Les pièges sont disposés d'une manière aléatoire dans la multi chapelle.



Figure 7.4 : Piège lumineux non appâté (Originale, 2010).

Relevé des captures : Nous avons ôté régulièrement les insectes piégés et les comptabiliser, sans jamais toucher la capsule de phéromone avec les doigts, ce qui annulerait son pouvoir attractif. Pour cela, nous avons utilisé une pince et nous avons relevé chaque jour les captures dans chaque type de piège (Tableau 7.2).

Evaluation du niveau de risque : Pour évaluer le risque, nous avons utilisé l'échelle d'évaluation de MONSERRAT [123].

Tableau 7.1 : Risque d'attaque en fonction de la moyenne du nombre de mâles capturés /pièges /semaine [123].

Nombre captures	Indication du risque
0	Pas de risque : (excepté pour les cas où la femelle fécondée peut se trouver abriter dans la culture.
1 - 3	Risque faible : échantillonnage est recommandé
4 - 30	Risque modéré : les méthodes préventives doivent être appliquées
30 - 100	Risque élevé : intensifier les méthodes préventives
+100	Risque extrême : appliquer les méthodes préventives à un intervalle de 7 à 12 jours.

NB : Le niveau de risque constitue un outil de prise de décision, ce niveau représente la densité *du ravageur à laquelle des mesures de protection sont appliquées*. Toutefois, ce niveau d'intervention est un facteur qui dépend d'un certain nombre de paramètres et peut être révisé au fur et à mesure selon les conditions d'évolution du niveau d'infestation et les conditions d'expérimentation.

7.2.2. Résultats et discussion.

Nous avons effectué un suivi régulier du nombre de *Tuta absoluta* piégés (Tableau 7.2) dans les pièges Delta (D1 et D2), Bassines à eau (B1 et B2), panneau jaune englué avec phéromone (PP), panneau jaune englué sans phéromone (Témoin) et en dernier, le piège lumineux (PL1) de la semaine 1 à la semaine 8 et PL2 de la semaine 4 à la semaine 8 seulement. Dans tous, le ravageur est présent et le nombre de papillons piégés est variable.

Tableau 7.2 : Nombre de capture des adultes de la mineuse / piège / semaine
(1 à 8).
(Avant plantation).

Types de piège	T	D1	D2	B1	B2	PL1	PL2 (a)	PP	Total
Périodes									
du 15/12/2009 au 14/01/2010 (04 semaines)	-	256	-	-	-	-	-	-	256

(Après plantation).

1 ^{ère} semaine à partir du 14/01/2010	05	37	38	31	29	32	-	37	209
2 ^{ème} semaine	01	24	14	05	14	15	-	17	90
3 ^{ème} semaine	02	16	10	04	15	07	-	07	61
Total	08	77	62	40	58	54	-	61	360

(Mise en place du piège lumineux PL2).

Types de piège	T	D1	D2	B1	B2	PL1	PL2 (a)	PP	Total
Périodes									
4 ^{ème} semaine	02	07	11	03	15	11	01	13	63
5 ^{ème} semaine	00	06	11	08	14	06	01	05	51
6 ^{ème} semaine	01	01	02	00	03	18	06	14	45
7 ^{ème} semaine	02	21	08	06	02	14	21	11	85
8 ^{ème} semaine	03	17	23	06	02	12	06	36	105
Total	08	52	55	23	36	61	35	79	349
Total Général	16	129	117	63	94	115	35	140	709

Légende :

T : Témoin (Panneau jaune englué sans phéromone).

D1 : Piège Delta 1

D2 : Piège Delta 2

B1 : Piège à eau (Bassine 1)

B2 : Piège à eau (Bassine 2)

PL1 : Piège lumineux 1

PL2 : Piège lumineux 2

PP : Panneau jaune englué avec phéromone suspendue.

(a) : Le piège lumineux PL2 est mis en place à la semaine 4.

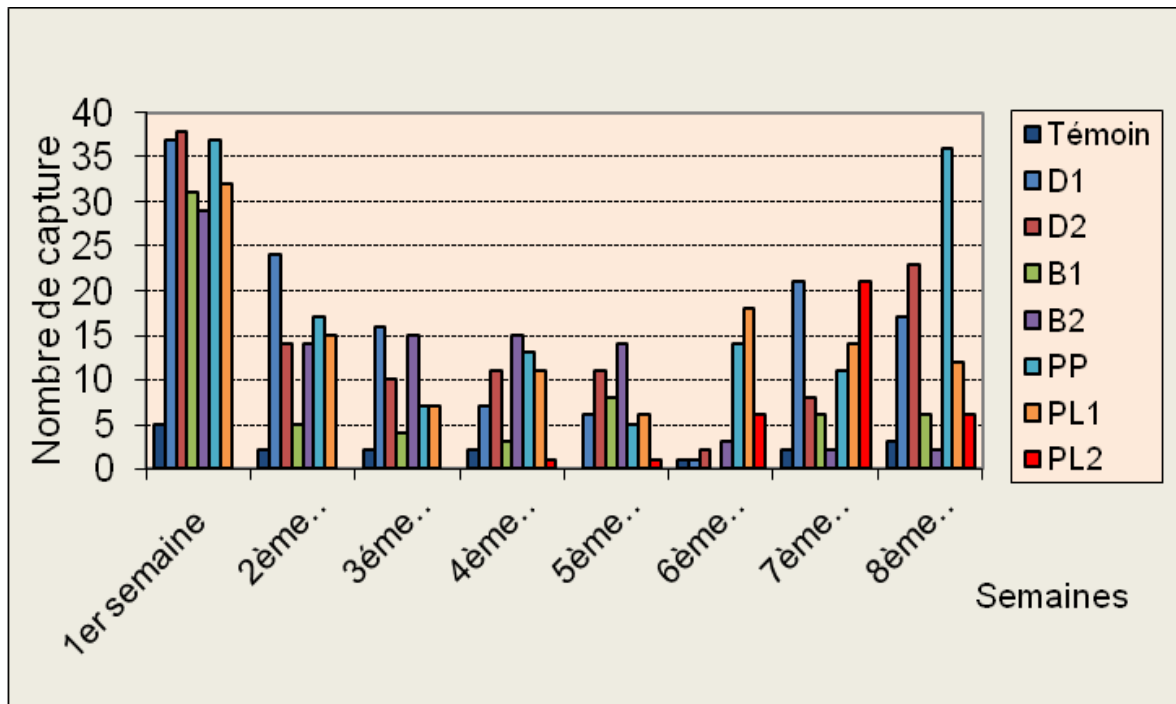


Figure 7.5 : Evolution du nombre d'adulte capturé / piège / semaine (1 à 8).

Le nombre des captures est variable d'une semaine à l'autre. Nous avons capturé 256 papillons de *Tuta absoluta* durant la période d'élevage des plants avec un seul piège Delta, du (15/12/2010 au 14/01/2010), la moyenne est de 64 adultes par semaines. On se trouve à un niveau de risque élevé à la plantation selon le niveau de risque d'attaque (Tableau 7.1).

On note un nombre élevé de capture au cours de la semaine 1 (209) (Tableau 7.2), ce nombre diminue d'une manière significative pendant les semaines qui se suivent jusqu'à la semaine 8 (105).

Tableau 7.3 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (1 à 8).

Semaines	Témoin	D1	D2	B1	B2	PP	Moyennes (Ecart Type)	PL1	PL2	Moyenne (Ecart Type)
1 ^{ère} semaine	5	37	38	31	29	37	34,4 ± 4,10	32	-	32
2 ^{ème} semaine	1	24	14	5	14	17	14,8 ± 6,83	15	-	15
3 ^{ème} semaine	2	16	10	4	15	7	10,4 ± 5,13	7	-	7
4 ^{ème} semaine	2	7	11	3	15	13	9,8 ± 4,82	11	1	6 ± 5,07
5 ^{ème} semaine	0	6	11	8	14	5	8,8 ± 3,70	6	1	3,5 ± 2,54
6 ^{ème} semaine	1	1	2	0	3	14	4 ± 3,70	18	6	12 ± 8,49
7 ^{ème} semaine	2	21	8	6	2	11	9,6 ± 7,16	14	21	17,5 ± 4,95
8 ^{ème} semaine	3	17	23	6	2	36	16,8 ± 13,63	12	6	9 ± 4,24
Moyennes	2,13	16,13	14,63	7,88	11,75	17,5	13.5 (a)	14,38	7	12.75 (b)
Ecart Type	±1,46	±11,57	±11,13	±9,64	±9,22	±12,33	±8,66	±8,16	8,22	±5,45

Légende :

(a) : La moyenne des moyennes du (D1, D2, B1, B2, PP). Pièges olfactifs.

(b) : La moyenne des moyennes du (P₁, P₂). Pièges visuels.

Témoin : Panneau jaune englué sans phéromone.

D1, D2 : Pièges Delta.

B1, B2 : Pièges à eau (Bassine)

PP : Panneau jaune englué avec phéromone suspendu.

PL1, PL2 : Piège lumineux.

On note une différence significative des traitements (D1, D2, B1, B2, PP et PL1) par rapport au témoin (T), mais pas de différence entre eux, cela est dû probablement au niveau d'infestation qui est faible.

La différence se situe au niveau de la moyenne du nombre de capture entre la semaine 1 et les autres semaines qui se suivent jusqu'à la semaine 8. Cette différence est significative (Tableau 7.3).

La moyenne des captures des adultes est de 13,5 adultes / semaine dans les pièges à phéromone et de 12,75 adultes / semaine dans les pièges lumineux. Il semble qu'il n'y a de différence significative en moyenne et en nombre de capture par semaine entre les deux types de piège (phéromone et lumineux).

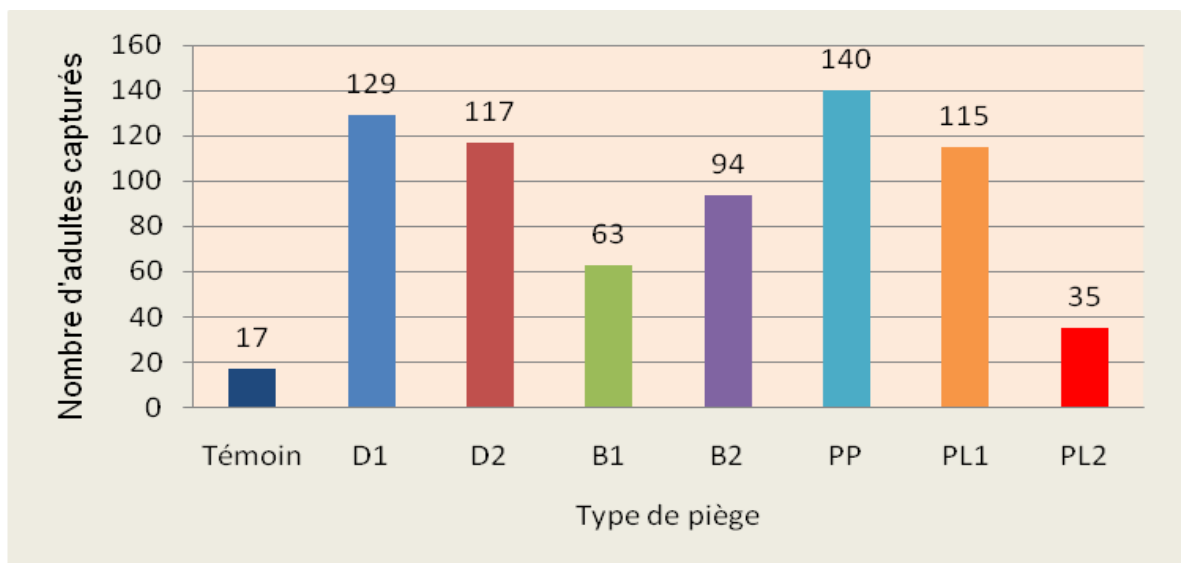


Figure 7.6 : Nombre total de capture /piège (8 semaines) (1 à 8).

Le piège à phéromone (Pp) a donné de très bon résultat (140 adultes piégés) durant les 8 premières semaines d'expérimentation suivi par les pièges Delta (D1 et D2 avec 129 et 117 adultes piégés respectivement), piège lumineux (PL1 : 115) et en dernier les pièges à eau. (B1 et B2 avec 63 et 94 papillons respectivement) et en dernier le témoin 16 adultes. Le PL2 est comptabilisé durant 5 semaines seulement avec 35 adultes.

Tableau 7.4 : Evaluation du niveau de risque par semaine dans les pièges à phéromone et les pièges lumineux (1 à 8).

Semaines	Nombres de captures (a)	Niveau de risque (c)	Nombres de captures (b)	Niveau de risque (d)	Observations
1 ^{ère} semaine	34,4	Risque élevé	32	Risque élevé	Traitement à base de décoction d'ail
2 ^{ème} semaine	14,8	Risque modéré	15	Risque modéré	Traitement à base de décoction d'ail
3 ^{ème} semaine	10,4	Risque modéré	7	Risque modéré	
4 ^{ème} semaine	9,8	Risque modéré	6	Risque modéré	Traitement à base de décoction d'ail
5 ^{ème} semaine	8,8	Risque modéré	3,5	Risque modéré	
6 ^{ème} semaine	4	Risque modéré	12	Risque modéré	
7 ^{ème} semaine	9,6	Risque modéré	17,5	Risque modéré	
8 ^{ème} semaine	16,8	Risque modéré	9	Risque modéré	

(a) : La moyenne du nombre de captures par les pièges à phéromones / semaine (5 pièges).

(b) : La moyenne du nombre de captures par les pièges lumineux / semaine (2 pièges).

(c) et (d) : Le niveau de risque est calculé selon l'échelle de MONSERRAT [123] (Tableau 7.1).

Durant la semaine 1 après plantation, on se retrouve en moyenne avec 34,4 papillons capturés dans les pièges à phéromone et 32 adultes dans le piège lumineux, nous sommes au risque élevé dans les deux cas (Tableau 7.4).

Le niveau de risque est évalué séparément entre les pièges à phéromone et les pièges lumineux mais avec la même échelle d'évaluation du niveau de risque de MONSERRAT [123].

La mise en place des pièges en quantité suffisante et l'application de la décoction d'ail, nous ont permis de passer du risque élevé au risque modéré et de maintenir la culture à ce niveau de risque modéré à partir de la semaine 2 jusqu'à la semaine 8, sachant qu'au début de la semaine 1 de la culture, nous étions au risque élevé.

Nous avons réalisé au total 3 traitements à base de décoction d'ail (semaine 1, 2 et 4). L'effet de la décoction d'ail sur l'évolution de la population de *T. absoluta* est à confirmer.

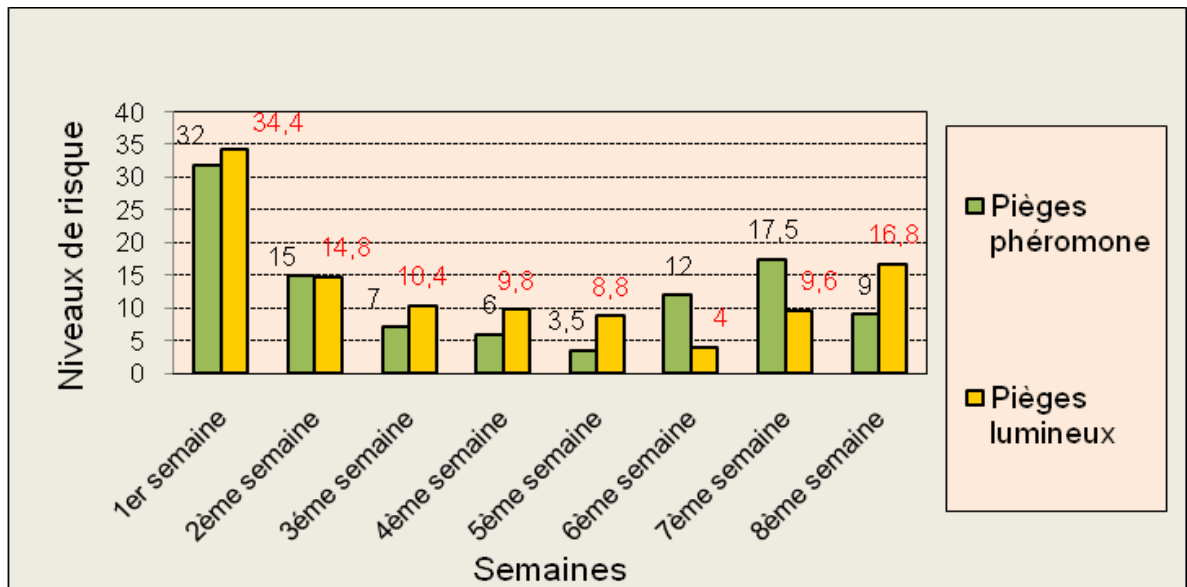


Figure 7.7: Evolution du niveau de risque /piège / semaine (1 à 8).

L'analyse des relevés des pièges a permis de mettre en évidence des différences significatives sur l'intensité de piégeage en fonction de la nature des pièges utilisés, en effet, les données montrent que l'intensité des captures des pièges (Delta, bassine à eau et lumineux) sont satisfaisants.

On note un nombre important de capture d'adultes (709 adultes) (Tableau 7.2) par les pièges utilisés durant cette période (semaine 1 à la semaine 8), nous avons déterminé que la mineuse n'est pas attiré par la couleur jaune (Témoin =16) comme les autres ravageurs tels que les pucerons ailés, les mouches blanches et la mouche mineuse.

Les captures au niveau des panneaux jaunes englué sont accidentelles au passage des adultes mais ils sont attirés par la phéromone (PP=140) et ils sont aussi attirés par la lumière (PL1=115 et PL2= 35). Les pièges lumineux sont efficaces dans le piégeage de la mineuse et ils capturent les mâles et les femelles (Figure 7.8) de *Tuta absoluta*, par contre la phéromone n'attire que les mâles.



Figure 7.8 : Deux mâles et une femelle de *Tuta absoluta* (Originale, 2010).

7.3 Lutte par piégeage de masse.

De par la multitude des situations observées au cours de la première expérimentation, et au risque d'une augmentation du niveau d'infestation par la mineuse, cette première partie de lutte intégrée contre ce ravageur a nécessité une modification du protocole.

Néanmoins, cette première expérimentation, nous a permis de mettre en évidence l'effet de la lumière sur la mineuse (piège lumineux). Pour cela, nous avons jugé utile d'adopter un dispositif de piégeage de masse (1) afin de lutter efficacement et de montrer l'intérêt et l'importance des pièges lumineux.

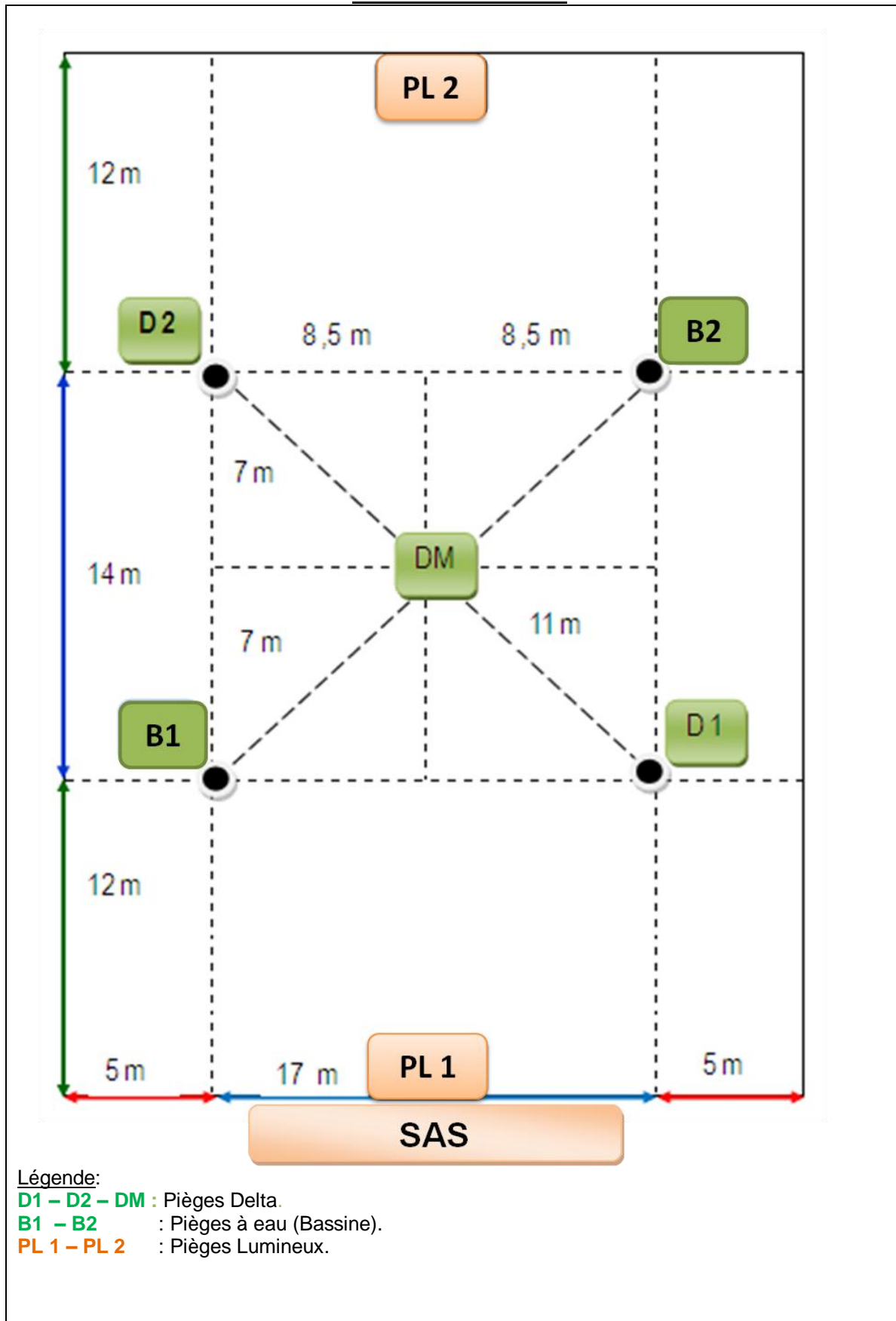
7.3.1 Matériel et méthodes.

Au cours de cette deuxième expérimentation, nous n'avons pas jugé utile d'introduire le piège témoin (T) et le piège jaune englué avec phéromone (PP), sachant que la mineuse n'est pas attiré par la couleur jaune mais par la phéromone et en plus, nous avons remarqué que la mineuse est aussi attiré par la lumière sans avoir utilisé la phéromone (PL1 et PL2).

Pour cela, nous avons utilisé des pièges à phéromone et des pièges lumineux (Figure 7.9), le nombre de pièges à phéromone est 2,5 fois supérieur que les pièges lumineux (5 pièges à phéromone et 2 pièges lumineux)

- 03 Pièges Delta.
- 02 Pièges à eau.
- 02 Pièges lumineux.

Figure 7.9: Dispositif expérimental (1)
Piégeage de masse de la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)
sur surface cultivée



Dans le dispositif de surveillance par piégeage phéromonal, Nous avons respecté une distance minimale d'une dizaine de mètre entre chaque piège, pour éviter les problèmes d'interférence entre les phéromones (il y aurait alors non pas piégeage, mais confusion sexuel, ce qui ne permettrait pas d'observer avec précision la dynamique de population).

Mais, avec le piégeage de masse, le distançage optimal des pièges les uns par rapport aux autres permet d'optimiser les captures et d'éviter tout espace exempt de phéromone dans la culture à protéger, une multiplication du nombre de pièges à phéromone par unité de surface peut engendrer une concentration suffisante pour désorienter les mâles.

Cette approche est la base de la lutte par confusion sexuelle. Dans la pratique, l'utilisation autant que possible le piégeage phéromonal comme un outil d'aide à la décision (lutte raisonnée), met aussi en œuvre le piégeage de masse (lutte éthologique) et la lutte par confusion sexuelle quand cela est possible [40].

Le principe de la lutte par piégeage de masse est d'associer à ces phéromones des pièges retenant le maximum d'individus du ravageur. Par contre, le piégeage par confusion sexuelle.

Le principe est de saturer l'atmosphère avec des analogues de phéromones que secrètent les femelles pour attirer les mâles. Ces derniers désorientés par la surabondance de ces excitants parfums, n'arrivent plus à trouver les femelles : pas d'accouplement, pas de ponte, pas de chenilles.

A titre d'exemple, les scientifiques précisent, pour le *Bombyx disparate*, que le nombre de mâles capturés à l'hectare augmente à mesure que la distance entre les pièges diminue. Cette observation confirme la nécessité de recourir à un très grand nombre de pièges pour que la capture de masse soit très efficace [40].

La lutte par piégeage de masse est très spécifique, elle respecte l'entomofaune auxiliaire et n'affecte pas les insectes pollinisateurs ni les prédateurs naturels du ravageur.

Cette technique est utilisée pour les ravageurs ayant acquis de résistances à la majorité des insecticides chimiques, l'utilisation massive des phéromones sexuelles contre *Tuta absoluta* reste en effet le seul recours pour nos agriculteurs. Cette mesure est prise afin de maintenir le nombre de papillon sous le niveau de risque élevé.

Le piégeage de masse constitue une méthode de lutte directe, pouvant servir également à suivre la dynamique et le comportement de population. Elle consiste à installer plusieurs pièges phéromonaux dans le but de capturer le grand nombre d'insectes mâles avant que les femelles n'émergent dans la culture. Cette méthode vise à empêcher la reproduction, par conséquent à diminuer la population de la génération suivante.

Cette méthode n'est pas toujours couronnée de succès, car les niveaux de captures sont quelques fois insuffisants par rapport au nombre très important d'insectes spécifiques à piéger.

De plus, certains mâles capturés auraient de toute façon été rejetés par les femelles en raison de leur faible compétitivité sexuelle, ou alors parce que ce sont des individus moins habiles pour repérer les femelles réceptives dans le milieu, faute de capacité olfactive ou locomotrice bien développées.

L'efficacité de la capture de masse dépend autant de paramètres biologiques et comportementaux que de contraintes écologiques. Ces phénomènes sont complexes et ne sont pas encore aujourd'hui totalement «élucidés » [40].

7.3.2 Résultats et discussion.

Tableau 7.5: Nombre de capture des adultes de la mineuse par piège/semaine (9 à 11). (Piégeage de masse 1).

Types de pièges	DM	D1	D2	B1	B2	Total	PL1	PL2	Total
Périodes									
9 ^{ème} semaine à partir du 11/03/2010	08	09	30	03	00	50	27	25	52
10 ^{ème} semaine	12	31	46	02	03	94	54	51	105
11 ^{ème} semaine	04	13	26	09	00	52	72	52	124
Total Général	24	53	102	14	03	196	153	128	281

Légende :

DM : Piège Delta du milieu
D1 : Piège Delta 1
D2 : Piège Delta 2
B1 : Piège à eau (Bassine 1)
B2 : Piège à eau (Bassine 2)
PL1 : Piège lumineux (1)
PL2 : Piège lumineux (2)

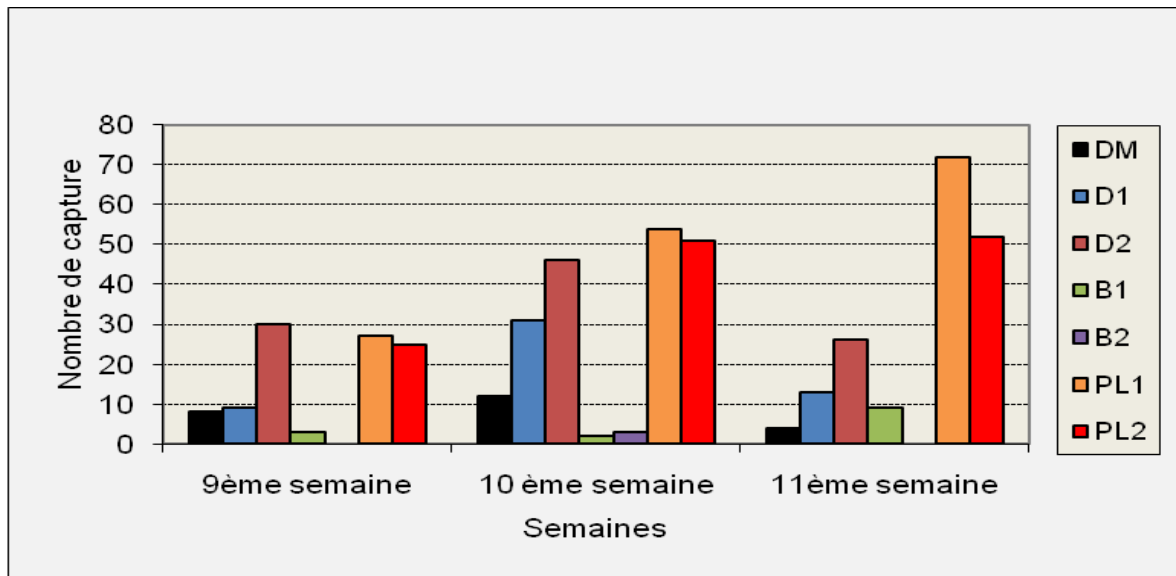


Figure 7.10 : Evolution du nombre d'adulte capturé / piège / semaine (9 à 11)

Le nombre des captures est variable d'une semaine à l'autre. Le nombre des captures durant la semaine 9 à la semaine 11, des adultes dans les pièges lumineux est plus important (PL1 = 153 ; PL2 = 128) à celui des pièges Delta (D1 = 53 ; D2 = 102 ; DM = 24) et des pièges a eau (B1= 14 et B2 = 3).

Au total, nous avons capturé 281 adultes par les pièges lumineux durant cette période (3 semaines) et 196 adultes par les pièges à phéromones. Une différence de 85 adultes avec seulement deux pièges lumineux alors que le nombre de pièges à phéromones est de 5.

Les deux pièges lumineux sont en moyenne 3.58 fois plus attractifs que les pièges à phéromone.

Tableau 7.6 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (9 à 11).

Semaines	DM	D1	D2	B1	B2	Moyennes (Ecart Type)	PL1	PL2	Moyennes (Ecart Type)
9 ^{ème} semaine	8	9	30	3	0	10 ±11,77	27	25	26 ± 1,41
10 ^{ème} semaine	12	31	46	2	3	18.8 ±19,15	54	51	52,5 ± 2,12
11 ^{ème} semaine	4	13	26	9	0	10.4 ±10,01	72	52	62 ± 14,14
Moyennes	8	17,67	34	4,67	1	13.07 (a)	51	42,67	46,83 (b)
Ecart Type	± 4	±11,72	±10,58	±3,79	±1,73	± 4,49	±8,16	±8,22	± 5,45

Légende :

(a) : La moyenne des moyennes du (D1, D2, B1, B2, Pp).

(b) : La moyenne des moyennes du (P1, P2).

DM, D1, D2 : Pièges Delta

B1, B2 : Pièges à eau (Bassine).

PL1, PL2 : Pièges lumineux.

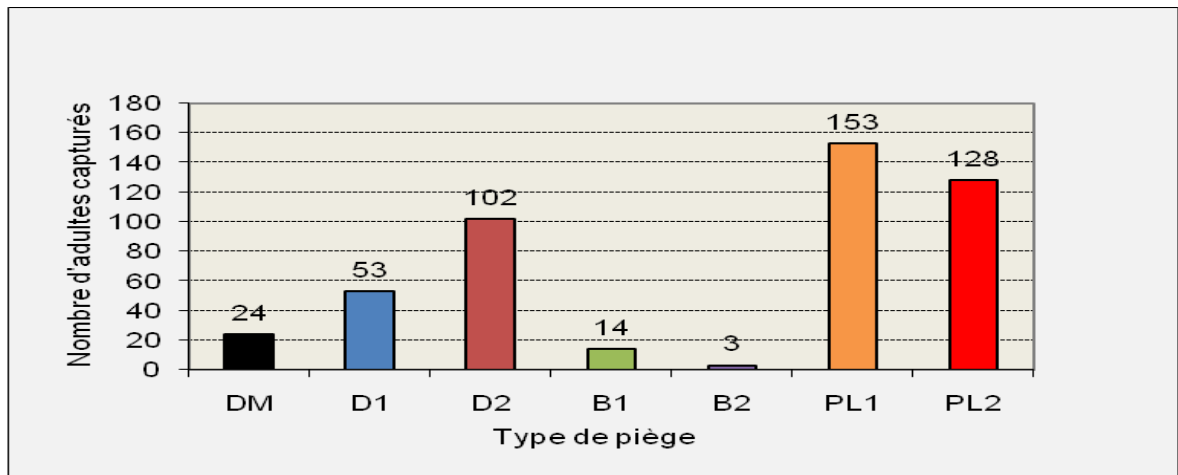


Figure 7.11: Nombre total de capture / piège (3 semaines) (9 à 11).

L'analyse statistique (Ecart type) (Tableau 7.6) montre qu'il y a une différence significative dans la moyenne des captures entre les deux types pièges ($13,07 \pm 4,49$ pour les pièges à phéromone et $46,83 \pm 5,45$ pour les lumineux),. Cette différence est aussi significatif au cours des semaines 9,10 et 11.

Nous avons constaté qu'à ce stade de développement (4^{ème} et 5^{ème} bouquet) de la culture, le nombre de capture dans les pièges à eau est très faible (B1 = 14 et B2 = 3) par rapport aux autres pièges, ceci peut s'expliquer par le faite que ces pièges sont installé a basse altitude par rapport aux pièges Delta qui sont suspendu à une hauteur de 1,20 du sol et en plus par absence de feuilles à ce niveau.

Tableau 7.7 : Evaluation du niveau de risque d'attaque en fonction du nombre d'adultes capturés/ semaine (9 à 11) selon l'échelle de MONSERRAT [123].

Semaines	Nombres de captures (a)	Niveau de risque (c)	Nombres de captures (b)	Niveau de risque (d)	Traitements réalisés
9 ^{ème} semaine	10	Risque modéré	26	Risque modéré	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Dipel DF)
10 ^{ème} semaine	18.8	Risque modéré	52,5	Risque élevé	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Dipel DF)
11 ^{ème} semaine	10.4	Risque modéré	62	Risque élevé	Effeillage total en dessous du premier bouquet pour une meilleure aération

(a) : La moyenne du nombre de captures par les pièges à phéromones / semaine.

(b) : La moyenne du nombre de captures par les pièges lumineux / semaine

(c) et (d) : Le niveau de risque est calculé selon l'échelle de MONSERRAT [123] (Tableau 7.1).

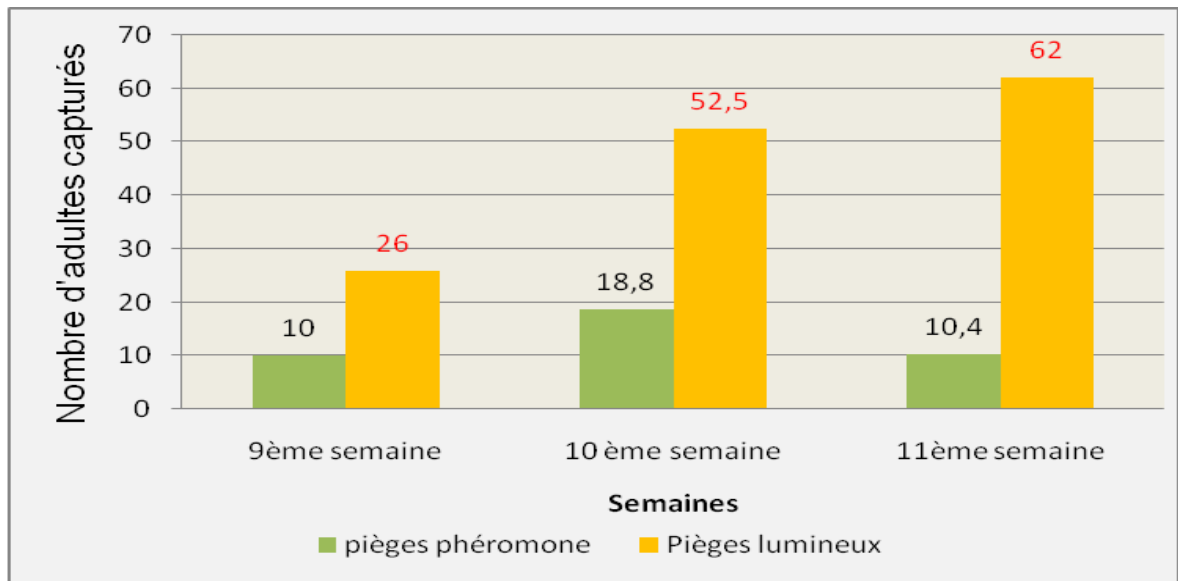


Figure 7.12: Evolution du niveau de risque / piège/ semaine (9 à 11).

Au début d'apparition des mines au niveau des feuilles (semaine 9), nous avons enlevé les feuilles infestées par les larves, ensuite nous avons appliqué le *Bacillus thuringiensis* par deux pulvérisations foliaires et régulières permettent d'éliminer les chenilles à ce stade.

Les chenilles sortent des galeries à plusieurs reprises au cours de leur développement. Ces pulvérisations ont contribué à un meilleur contrôle de ce ravageur au cours de la semaine 9, 10 et 11 avec une moyenne de capture de 10, 18,8 et 10,4 respectivement (Tableau 7.7) par les pièges à phéromone.

Nous sommes restés à un niveau de risque modéré. Par contre, l'évaluation du niveau de risque des pièges lumineux, on se retrouve au niveau de risque modéré pendant la semaine 9 (moyenne 26) et au cours de la semaine 10 (moyenne 52,5) et 11 (moyenne 62), nous sommes passés au risque élevé.

Le calcul du niveau de risque par l'échelle établie par MONSERRAT [123] (Tableau 7.1) semble ne pas s'appliquer à nos conditions d'expérimentation, non seulement au système de piégeage de masse mais aussi aux types de pièges utilisés tels que les pièges lumineux qui sont plus attractifs (piège visuel) que les pièges à phéromone (piège olfactif).

Pour nos interventions préventives, nous avons pris en considération le niveau de risque calculé par l'échelle de MONSERRAT [123] dans les pièges Delta à phéromone.

Dans cette partie d'expérimentation, il a été observé que, lorsque le niveau de piégeage était bas, les dégâts étaient faibles et principalement localisés sur la partie inférieure de la plante (niveau 1). Puis, au fur et à mesure que la fréquence d'attaque de la culture augmentait, les dégâts devenaient plus visibles sur l'étage supérieur (niveau intermédiaire), les attaques sont observées seulement au niveau des feuilles.

Cependant, de par leur mode de vie, les larves peuvent quitter leur galerie à chaque mue pour aller en creuser une autre sur la même foliole ; elles intensifient de ce fait les dégâts sur feuilles. Pour cela, il serait préférable d'évaluer le pourcentage moyen d'occupation des galeries par les larves pour connaître le niveau d'infestation.

Les deux traitements à base de *Bacillus thuringiensis* (Dipel DF) réalisés au cours de semaine 9 et 10, ont eu un effet sur les larves de *Tuta absoluta*, le nombre de capture était de 16,8 (semaine 8) pour les pièges à phéromone (Tableau 7.4) est descendu à 10 au cours de la semaine 9 (Tableau 7.7), suivi d'une augmentation durant la semaine 10 (18,8) et ensuite une diminution durant la semaine 11 (11,4) (Tableau 7.7). Ainsi, nous sommes restés au niveau de risque modéré variant de 10 à 18,8 durant la semaine 8 à 11.

Dans toute notre expérimentation de semaine 1 à la semaine 11, le niveau de risque est resté modéré pour les pièges à phéromone. Par contre dans les pièges lumineux, nous sommes passés au risque élevé pendant la semaine 10 et 11. Les indications du risque et les interventions ont été respectées et les mesures préventives ont été appliquées.

7.4. Nouvelle stratégie de lutte contre *Tuta absoluta* : lutte biophysique.

Durant cette troisième partie, nous avons adopté une nouvelle méthode de lutte contre la mineuse par l'utilisation de deux pièges lumineux appâtés par une phéromone (lutte biophysique) ainsi, nous avons utilisé en même temps la lumière (lutte physique) et la phéromone (lutte biotechnique).

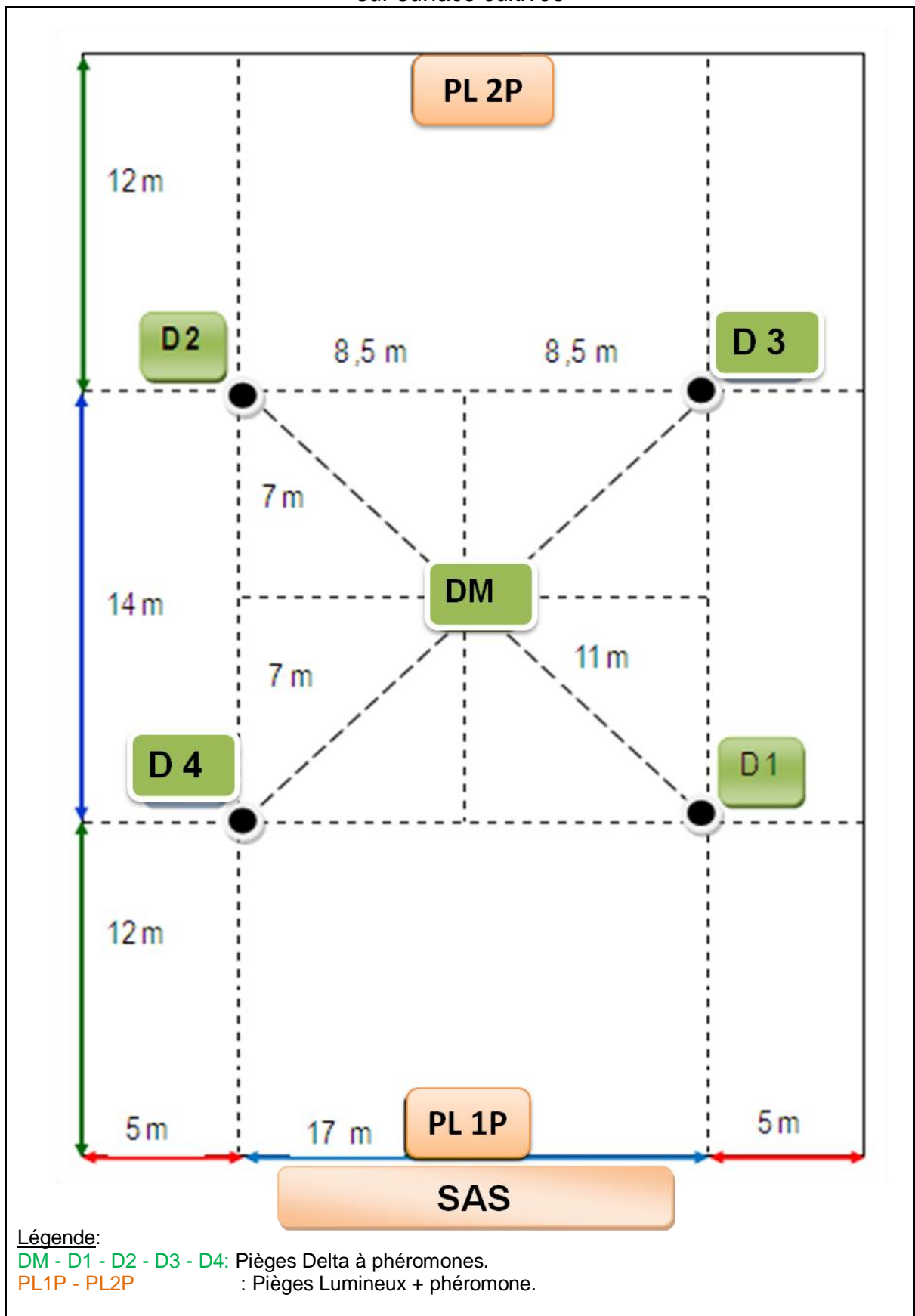
Notre étude était basée sur la découverte d'un nouveau système de piégeage de masse de *Tuta absoluta* en améliorant l'efficacité des pièges en intégrant à la fois des phéromones sexuelles et une source de lumière. La source de lumière était programmée pour la nuit, lorsque l'insecte est plus actif.

Cette caractéristique le rend très spécifique pour piéger *Tuta absoluta* tout en manquant tous les autres insectes y compris les insectes bénéfiques qui normalement ne sont pas actifs pendant la nuit et ne sont pas sensible à la lumière émise.

7.4.1 Matériel et méthodes.

Nous avons gardé le même dispositif de piégeage de masse que durant la deuxième partie, sauf que, nous avons changé les deux pièges à eau par deux pièges Delta (Figure 7.13).

Figure 7.13 : Dispositif expérimental (2)
 Piégeage de masse de la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)
 sur surface cultivée



Au total, nous avons utilisé 5 pièges Delta (DM, D1, D2, D3, D4) et deux pièges lumineux appâtés par une phéromone (PL1P et PL2P). Nous sommes toujours à 2.5 pièges à phéromone en plus que les pièges lumineux. La seule différence entre les deux types de piège est la source de lumière.

La phéromone est déposée sur un support en bois en dessus de la bassine contenant un mélange d'eau et un détergent (Figure 7.14). La bassine est déposée sous la lampe à une distance de 50 cm.



Figure 7.14 : Piège lumineux appâté par une phéromone (Originale, 2010)

Durant cette troisième partie d'expérimentation, nous avons révisé le niveau du risque d'infestation appliqué lors de la première partie et la deuxième partie d'expérimentation. Le niveau de risque des pièges lumineux est calculé indépendamment à celui des pièges à phéromones.

Echelle de notation du risque : Selon URBANEJA [124], le seuil de nuisibilité n'est pas encore établi, le comptage du nombre de capture par piège et par semaine, nous a permis de suivre l'incidence du ravageur.

L'évaluation du niveau de risque par la moyenne du nombre d'adulte capturé dans le piège lumineux est multipliée par quatre (04) par rapport au niveau de MONSERRAT [123] (Tableau 7.1). Ainsi, nous avons adapté notre propre échelle d'évaluation du niveau de risque dans les pièges lumineux appâtés.

Tableau 7.8 : Risque d'attaque en fonction de la moyenne du nombre d'adultes capturés /pièges lumineux appâté /semaine (Cas d'utilisation des pièges lumineux avec phéromone).

Nombre d'adultes captures	Indication du risque
0	Pas de risque.
4 - 12	Risque faible : Surveillance
16 -120	Risque modéré : surveillance régulière et mesures préventives.
120 - 400	Risque élevé : intensifier les méthodes préventives et alternatives (Piégeage de masse)
+400	Risque extrême : Intensifier les mesures préventives tous les 7 jours ou des traitements successifs (2 à 3) par les produits biologiques.

Pour l'estimation des dégâts sur les plantes en fonction de la fréquence d'attaque sur l'ensemble de la culture. Nous avons utilisé la grille suivant:

Tableau 7.9 : Grille d'estimation des dégâts sur les plantes en fonction de la fréquence d'attaque sur l'ensemble de la culture [98].

Localisation des dégâts de <i>T. absoluta</i>					
Fréquence d'attaque de la culture	Etage inférieur	Etage intermédiaire	Etage supérieur	Fruits	Apex
0 à 5%	+				
5 à 25%	+	+			
25 à 70%	+	+	+		
70 à 80%	+	+	+	+	
80 à 100%	+	+	+	+	+

7.4.2. Résultats et discussion.

Tableau 7.10 : Nombre de capture des adultes de la mineuse / Piège / Semaine (12 à 22). (Piégeage de masse 2).

Types de pièges	DM	D1	D2	D3	D4	Total	PL1P	PL2P	Total
Périodes									
12 ^{ème} semaine	51	09	41	46	22	169	237	101	338
13 ^{ème} semaine	10	57	11	40	79	197	183	257	440
14 ^{ème} semaine	24	50	60	30	144	308	407	332	739
15 ^{ème} semaine	75	35	89	136	149	484	652	640	1292
16 ^{ème} semaine	315	255	306	220	520	1616	549	688	1237
17 ^{ème} semaine	289	248	196	269	212	1214	846	1140	1986
18 ^{ème} semaine	287	592	170	162	154	1364	1301	1708	3009
19 ^{ème} semaine	723	993	1131	820	939	4604	1367	1755	3122
20 ^{ème} semaine	601	282	393	493	209	1978	1359	1608	2967
21 ^{ème} semaine	212	231	305	238	178	1164	1486	1839	3325
22 ^{ème} semaine	335	248	351	239	194	1367	1696	1867	3563
Total Général	2922	3000	3053	2693	2800	14468	10083	11935	22018

Légende :

DM, D1, D2, D3, D4 : Pièges Delta.

PL1P, PL2P : Piège lumineux appâté avec phéromone (Olfactif +Visuel).

Le nombre d'adulte piégés est très important durant la période de la semaine 12 à la semaine 22. Le nombre total est de 14468 adultes dans les pièges Delta et de 22018 dans les pièges lumineux (PL1P et PL2P). On note une différence de 7750 papillons par rapport à Delta (Tableau 7.10). La différence est de 3.75 fois supérieure.

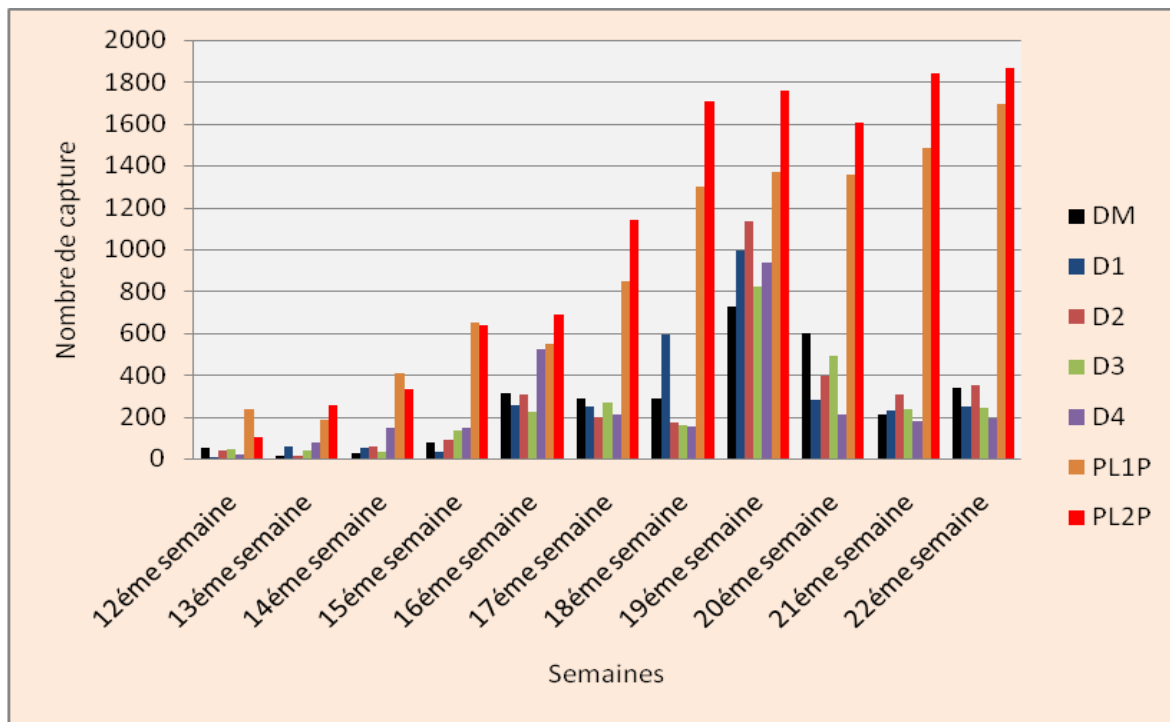


Figure 7.15 : Evolution du nombre d'adulte capturé /piège /semaine (12 à 22).

Tableau 7.11 : Moyenne des relevés pratiqués en fonction du nombre d'adultes capturés/piège/semaine (12 à 22).

Semaines	DM	D1	D2	D3	D4	Moyennes (Ecart Type)	PL1P	PL2P	Moyennes (Ecart Type)
12 ^{ème} semaine	51	9	41	46	22	33,8 ± 17,68	237	101	169 ± 96,17
13 ^{ème} semaine	10	57	11	40	79	39,4 ± 29,79	183	257	220 ± 52,33
14 ^{ème} semaine	24	50	60	30	144	61,6 ± 48,32	407	332	369,5 ± 53,03
15 ^{ème} semaine	75	35	89	136	149	96,8 ± 46,41	652	640	646 ± 8,49
16 ^{ème} semaine	315	255	306	220	520	323,2 ± 116,61	549	688	618,5 ± 98,29
17 ^{ème} semaine	289	248	196	269	212	242,8 ± 38,69	846	1140	993 ± 207,89
18 ^{ème} semaine	287	592	170	162	154	273 ± 186,45	1301	1708	1504,5 ± 287,79
19 ^{ème} semaine	723	993	1131	820	939	921,2 ± 157,33	1367	1755	1561 ± 274,36
20 ^{ème} semaine	601	282	393	493	209	395,6 ± 157,64	1359	1608	1483,5 ± 176,07
21 ^{ème} semaine	212	231	305	238	178	232,8 ± 46,58	1486	1839	1662,5 ± 249,61
22 ^{ème} semaine	335	248	351	239	194	273,4 ± 66,99	1696	1867	1781,5 ± 120,92
Moyennes	265,64	272,73	277,55	244,82	254,5	263,05 (a)	916,64	1085	1000,82 (b)
Ecart Type	± 232,15	± 290,91	± 312,53	± 232,39	± 258,98	± 250,34	± 542,94	± 697,86	± 618,07

Légende :

DM - D1 - D2 - D3 - D4: Pièges Delta (Pheromone).

PL1P – PL2P : Pièges Lumineux + Pheromone.

(a) : La moyenne des moyennes du (D1, D2, D3, D4, DM).

(b) : La moyenne des moyennes du (PL1P, PL2P).

La lutte biophysique (lumière + phéromone), nous a permis de piéger un maximum d'adulte, en moyenne 1000,81 adultes piégés de la semaine 12 à la semaine 22 et 263,05 en moyenne dans les pièges Delta. La différence est de 737,76 (Tableau 7.11), elle est 3.8 fois plus supérieur que dans les pièges Delta, malgré que, nous avons 3 pièges Delta en plus (2,5 fois plus) par rapport au pièges lumineux appâtés. Compte tenu de fort piégeage, nous pouvons conclure que la lutte biophysique est très efficace dans la lutte intégrée contre *T.absoluta*.

Cette différence est hautement significative, l'écart type est de $263,05 \pm 250,34$ pou les pièges Delta et $1000,82 \pm 618,07$ pour les pièges lumineux.

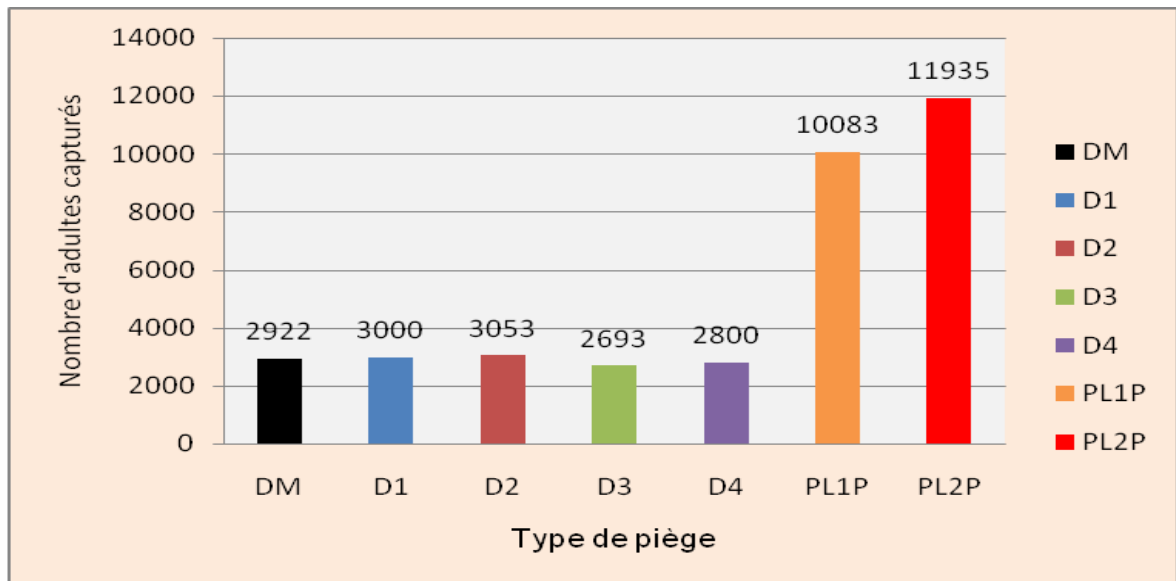


Figure 7.16 : Nombre total de capture / piège (11 semaines) (12 à 22).

Le niveau des adultes de la mineuse capturés par les pièges Delta est entre le pallié de 2500 à 3000 par contre le niveau des captures par les pièges lumineux est entre le pallié de 10000 à 12000. La différence des captures est 4 fois plus élevée dans les pièges lumineux que dans les pièges Delta (Figure 7.16).

On note une différence du nombre d'adulte piégés entre chaque piège, $D2 > D1 > DM > D4 > D3$ et $PL2P > PL1P$ ($> =$ supérieur) (Figure 7.15). Cette différence du nombre peut être en fonction de la localisation des pièges dans la multi chapelle.

LACORDAIRE et FEUVRIER [98], ont montrés que l'intensité de piégeage des pièges Delta situés à l'ouest est significativement supérieure à celle des pièges situés à l'est. Ainsi, on peut conclure que l'intensité du piégeage est aussi en fonction de la localisation des pièges.

Cela confirme nos résultats, on note, un nombre élevé de capture dans le piège Delta D2 et le piège lumineux PL2P qui se trouvent à L'Ouest (Figure 7.13), par rapport aux autres pièges.

Tableau 7.12 : Evaluation du niveau de risque par les pièges à phéromone et par les pièges lumineux associé avec phéromone (12 à 22).

Semaines	Nombres de captures (a)	Niveau de risque (c)	Nombres de captures (b)	Niveau de risque (d)	Traitements réalisés
12 ^{ème} semaine	33,8	Risque élevé	169	Risque élevé	Microthiol M Micronisé à raison de 6kg/ha (soufre)
13 ^{ème} semaine	39,4		220		Tracer (M.A : Spinosad à raison de 60ml/hl + effeuillage au 2 ^{ème} bouquet
14 ^{ème} semaine	61,6		369,5		
15 ^{ème} semaine	96,8	Risque élevé	646	Risque extrême	Tracer + Rovral (Botrytis)
16 ^{ème} semaine	323,2	Risque extrême	618,5	Risque extrême	
17 ^{ème} semaine	242,8		993		Dipel DF (<i>Bacillus thuringiensis</i>) à raison de 50g/hl
18 ^{ème} semaine	273		1504,5		
19 ^{ème} semaine	921,2		1561		Tracer (M.A : Spinosad) à raison de 60 ml/hl
20 ^{ème} semaine	395,6		1483,5		
21 ^{ème} semaine	232,8		1662,5		Deffort + Tutafort à raison de 2,5 l/ha + 1l/hl respectivement
22 ^{ème} semaine	273,4		1781,5		

(a) : La moyenne du nombre de captures par les pièges à phéromones / semaine.

(b) : La moyenne du nombre de captures par les pièges lumineux + phéromone / semaine

(c) : Le niveau de risque est calculé selon l'échelle de MONSERRAT [123] (Tableau 7.1).

(d) : Le niveau de risque est calculé selon notre nouvelle échelle (Tableau 4.8).

Les traitements sont intensifiés durant cette période, au total, nous avons effectués 6 traitements spécifiques contre *Tuta absoluta* pour une période de 11 semaines.

Au total, nous avons réalisé 11 traitements phytosanitaires (Annexe - 4-) contre *Tuta absoluta* de différentes origines (bactériennes, végétales et chimiques), tous les produits ont été appliqués par pulvérisation foliaire. Notons qu'aucun insecticide de synthèse n'a été pulvérisé sur la culture.

Le choix d'un produit phytosanitaire est essentiel. C'est même un élément majeur dont il faut tenir compte dans la gestion de *Tuta absoluta*. L'application des produits phytosanitaires doit être d'une manière raisonnée.

C'est une solution supplémentaire dans la gestion du ravageur. Néanmoins, il est important d'en limiter le nombre d'applications afin d'éviter les phénomènes de résistance. L'application du spinosade (Tracer) réalisée en semaine 19, a fait chuter la population de *Tuta absoluta* au cours de la semaine 20.

Nous sommes passés en moyenne de 921,2 adulte capturé durant la semaine 19 à 395,5 adulte capturé durant la semaine 20 dans les pièges Delta et de 1561 à 1483,3 dans les pièges lumineux. (Tableau 7.11), on note une différence de 525,7 et 77,7 respectivement. Les applications des autres produits n'ont eu aucun effet sur la population.

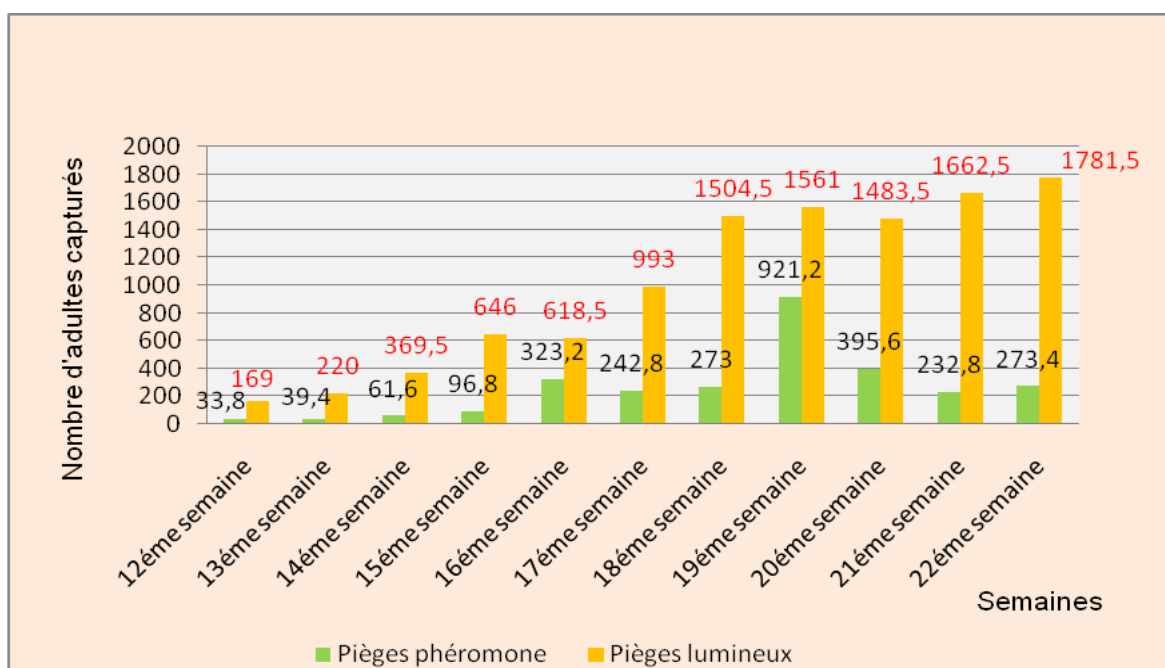


Figure 7.17: Evolution du niveau de risque /piège/ semaine (12 à 22).

Le niveau de risque est élevé de la semaine 12 à la semaine 15, après nous sommes passés au risque extrême de la semaine 16 à la semaine 22 (Tableau 7.12).

Dans toutes les semaines la mineuse est présente et le nombre de papillons piégés augmente au cours de la saison sans toute fois causé des dégâts sur la culture (fruits). Le niveau d'infestation n'a pas changé, nous somme resté à une fréquence d'attaque de la culture de 5 à 25% au cours des 15 premières semaines après nous somme passé a une fréquence d'attaque de la culture de 25 à 70% de la semaine 16 à la semaine 22.

La première fréquence d'attaque (5 à 25%) correspond à la localisation des dégâts de *Tuta absoluta* seulement au niveau de l'étage inférieur et intermédiaire (Tableau 7.9). Pour la deuxième fréquence d'attaque (25 à 75%), les dégâts de la mineuse sont restés au niveau de l'étage inférieur, intermédiaire et supérieur sans toucher les fruits et l'apex selon la grille d'estimation des dégâts sur les plantes (Tableau 7.9).

Au vu des résultats obtenu, nous pouvons dire que la stratégie établie semble très efficace, le système de piégeage de masse a permis de capturé un très grand nombre d'adulte de *T. absoluta* sans toute fois que ce ravageur cause des dégâts au dessus du seuil économique. Ainsi, nous pouvons conclure que le système de piégeage de masse est une méthode de lutte à part entière et très efficace.

L'évaluation de notre niveau de risque par les pièges lumineux appâtés (Tableau 7.8) correspond parfaitement à l'évaluation du niveau de risque par les pièges Delta (Tableau 7.1).

Les niveaux de risque que nous avons évalués durant la semaine 12 à la semaine 22 se retrouvent aux mêmes niveaux que ceux évaluer par MONSERRAT [123], c'est-à-dire du risque élevé (semaines 12, 13, 14 et 15) au risque extrême (de la semaine 16 à 22) et cela dans les deux cas.

Ainsi, nous pouvons conclure que notre échelle d'évaluation du risque d'attaque par l'utilisation des pièges lumineux est correcte et elle est 4 fois plus élevée que celle des Delta.

La moyenne du nombre de papillons piégés dans les pièges Delta varie d'une semaine à l'autre (Figure 7.17), par contre dans les pièges lumineux, elle augmente d'une manière significative de la semaine 12 à la semaine 22.

Cette différence peut s'expliquer par le changement des capsules de phéromone. Ainsi, nous pouvons dire que le changement des capsules de phéromone peut avoir un impact sur le nombre d'adultes piégées durant la semaine T (la semaine où la phéromone a été mise en place) et la semaine Tn (n= nombre de semaine).

LACORDAIRE et FEUVRIER [98] ont trouvé qu'après chaque changement de capsule de phéromone, une augmentation significative du piégeage est observée dans la semaine qui suit.

Tableau 7.13 : Comparaison du niveau de risque selon les deux échelles d'évaluation de la semaine 1 à la semaine 22.

Semaines	Niveau de risque		Semaines	Niveau de risque	
	Pièges phéromone (a)	Pièges lumineux (b)		Pièges phéromone (a)	Pièges lumineux (b)
1 ^{ère} semaine	Risque élevé	Risque modéré	12 ^{ème} semaine	Risque élevé	Risque élevé
2 ^{ème} semaine	Risque modéré	Risque modéré	13 ^{ème} semaine		
3 ^{ème} semaine	Risque modéré	Risque faible	14 ^{ème} semaine		
4 ^{ème} semaine			15 ^{ème} semaine	Risque élevé	Risque extrême
5 ^{ème} semaine			16 ^{ème} semaine	Risque extrême	Risque extrême
6 ^{ème} semaine			17 ^{ème} semaine		
7 ^{ème} semaine	Risque modéré	Risque modéré	18 ^{ème} semaine		
8 ^{ème} semaine	Risque modéré	Risque faible	19 ^{ème} semaine		
9 ^{ème} semaine	Risque modéré	Risque modéré	20 ^{ème} semaine		
10 ^{ème} semaine			21 ^{ème} semaine		
11 ^{ème} semaine			22 ^{ème} semaine		

(a) : Le niveau de risque est calculé selon l'échelle de MONSERRAT [123] (Tableau 7.1).

(b): Le niveau de risque est calculé selon notre nouvelle échelle (Tableau 7.8).

Il semblerait que notre échelle d'évaluation du niveau de risque par semaine dans le cas d'utilisation des pièges lumineux appâtés et non appâtés s'adapte parfaitement à nos conditions d'expérimentation en comparaison avec l'échelle d'évaluation de MONSERRAT [123] (cas d'utilisation des pièges Delta). Les niveaux de risque se trouvent entre faible et modéré de la semaine 1 à la semaine 8 mais au même niveau pendant la semaine 7 (risque modéré) (Tableau 7.13).

Durant la deuxième période d'expérimentation (semaine 9 à la semaine 11), le niveau de risque est le même pour les deux échelles (risque modéré) (Tableau 7.13).

En dernier, durant la troisième période (semaine 12 à la semaine 22), le niveau de risque est élevé dans les deux cas pendant la semaine 12 et extrême de la semaine 16 à la semaine 22 par contre pendant la semaine 15, le risque est élevé pour le Delta et extrême pour les pièges lumineux appâtés.

7.5. Conclusion.

Au vu des résultats obtenus, la stratégie établie durant cette partie semble être adaptée. En effet, la mise en place des pièges permet de voir d'une manière pertinente l'évolution de la population d'adultes de *Tuta absoluta* dans la culture.

Le suivi régulier des pièges (monitoring) donne une bonne indication sur la comparaison des différents types de pièges utilisés. Ainsi, nous pouvons dire que les pièges lumineux ont eu un effet positif sur le piégeage des adultes de *T. absoluta*, suivi par Delta et en dernier par les pièges à eau.

Le suivi régulier des pièges donne aussi une bonne indication sur l'évolution des populations et des risques encourus, permettant ainsi d'intervenir rapidement.

Les phéromones sexuelles, la lumière sont la composition d'une nouvelle technologie de piégeage de masse pour lutter contre la propagation du terrible ravageur de la tomate.

Ce nouveau système (Lutte biophysique) de piégeage « phéromone et piège lumineux » est capable de piéger un nombre très important d'insectes mâles durant la nuit en plus d'un nombre substantiel de la population femelle, causant une perturbation majeure pour le schéma d'accouplement et le déclin ultérieur de la population de ravageur, réduisant ainsi les dégâts aux cultures sans utilisation d'insecticides.

Ce système est basé essentiellement sur la synergie nouvellement découverte entre la phéromone sexuelle des insectes et la fréquence de la lumière particulière et à laquelle l'insecte est le plus attiré. Au total, nous avons piégés 10 femelles au cours de notre expérimentation, les femelles sont plus grandes et l'abdomen est plus volumineux (Figure 7.8).

Nous avons effectué un suivi du nombre de *Tuta absoluta* piégés dans les différents pièges Delta et lumineux sur l'ensemble du dispositif. Dans tous, la mineuse est présente et le nombre de papillons augmente au cours de la saison, sans atteindre le seuil de nuisibilité au niveau de la culture ceci s'explique que les attaques sont restées au niveau des feuilles seulement, nous n'avons pas eu d'attaque au niveau des fruits et cela n'a pas engendré de pertes économiques.

Ainsi, nous pouvons conclure que notre stratégie de lutte intégrée à maintenu le niveau d'attaque sous le seuil économique malgré que nous étions au niveau de risque extrême.

La stratégie appliquée tels que la lutte prophylactique et la lutte biologique intégrée par l'application des différentes mesures alternatives (lutte biotechnique, biotechnologique, physique et biophysique ainsi que la lutte chimique raisonnée) ont donné des résultats satisfaisants dans le cadre d'un système de lutte intégrée contre *Tuta absoluta*.

L'analyse des relevés des pièges a permis de mettre en évidence des différences significatives sur l'intensité de piégeage en fonction de la nature du piège, en effet sur les relevés appariés par semaine montrent que l'intensité de piégeage des pièges lumineux est significativement supérieure à celle des pièges à phéromone.

Cette expérimentation a permis de mettre en lumière des résultats qui n'avaient encore jamais été présentés, en particulier, l'effet de la lumière sur la mineuse (piège lumineux). De plus, certains mâles capturés auraient de toute façon été rejetés par les femelles en raison de leur faible compétitivité sexuelle, ou alors parce que ce sont des individus moins habiles pour repérer les femelles réceptives ou les phéromones dans le milieu, faute de capacité olfactive. Ainsi, il est recommandé d'utiliser la lumière pour les mâles ayant une grande capacité visuelle.

L'échelle d'évaluation du niveau de risque de MONSERRAT [123] ne s'adapte pas à notre expérimentation par l'utilisation des pièges lumineux. On se retrouve chaque fois en moyenne avec un niveau d'efficacité plus élevé des pièges lumineux de 3,5 à 4 par rapport aux pièges à phéromone (Delta). Nous pouvons conclure que notre échelle d'évaluation du niveau de risque par les pièges lumineux s'adapte parfaitement à nos conditions d'expérimentation. Ainsi, nous pouvons dire que nous avons élaboré une nouvelle échelle d'évaluation de risque par l'utilisation des pièges lumineux.

C'est l'ensemble des méthodes de lutte qui permettra de maîtriser les populations de *Tuta absoluta*. Le choix d'un produit phytosanitaire est essentiel. C'est même un élément majeur dont il faut tenir compte dans la gestion phytosanitaire. L'application des différents produits (décoction d'ail, Dipel) ont fait chuter la population de *Tuta absoluta* et maintenir sont niveau de risque modéré durant les 10 premières semaines.

Le Spinosad a fait chuter le niveau de population durant la semaine 20.

Il est utile de signaler que les phéromones constituent un outil indispensable à intégrer dans un programme de lutte intégrée pour la surveillance et le piégeage de masse de *Tuta absoluta*.

Le piégeage sexuel est certainement le plus spécifique, fiable et efficace. D'autres méthodes de progrès comme l'utilisation des pièges lumineux contre *Tuta absoluta*, la pulvérisation des biopesticides, la stimulation des défenses naturelles des plantes, l'usage croissant des phéromones en cultures maraîchères marque une nouvelle ère de la protection des cultures où le respect de l'environnement, la santé publique et la sécurité alimentaire ont une place considérable.

Le piégeage de masse est une méthode de lutte à part entière.

L'application des produits doit être faite en fonction de la situation et du risque, au bon moment, au bon endroit et en fonction des auxiliaires (les produits ne doivent pas gêner leur installation ni leur développement).

En plus, le choix du produit est fonction du mode d'action, avec le souci de gérer la résistance et la bonne qualité d'application à définir en fonction de la cible visée. Pour ce ravageur, un certain niveau de dégâts est inévitable et doit être toléré, cela quelque soit le mode de protection.

Les pièges à phéromones sont des instruments très utiles afin d'évaluer la présence d'insectes parasites et le taux d'infestation. La surveillance permet de démarrer les traitements seulement si nécessaire et au bon moment.

Le piégeage permet alors d'éviter de démarrer trop tôt mais aussi trop tard les traitements dans les deux cas on tend à diminuer le nombre d'application tout en maintenant leur efficacité. Les interventions chimiques semblent nécessaires afin de maintenir le nombre de ravageurs sous le seuil de nuisibilité.

Au vu des résultats obtenu, la stratégie établie par le piégeage de masse semble très efficace. En effet, la mise en place de 7 phéromones (5 Delta et 2 pièges lumineux appâtés) permet de voir de manière pertinente l'évolution de la population d'adultes de *Tuta absoluta* dans la culture.

Le suivi régulier des pièges (monitoring) donne une bonne indication sur l'évolution des populations et les niveaux de risque encourus, permettant ainsi d'intervenir rapidement et d'appliquées les mesures préventives adéquates. Il est important de noter que l'intensité du piégeage dépend des températures, plus la température augmente, plus le nombre d'adulte piégé augmente.

Ainsi à l'approche de l'été, il convient de surveiller d'avantage la population du ravageur surtout lorsque les températures hebdomadaires sont égales ou supérieures à 20°C. Nous avons constaté que l'augmentation du nombre de mâles capturés est proportionnellement liée à l'augmentation de la température.

Les phéromones sexuelles et la lumière sont la composante d'une nouvelle technologie de piégeage de masse pour lutter contre la propagation de la mineuse de la tomate. Cette nouvelle combinaison (phéromone + lumière), nous a permis d'amélioré quatre fois l'efficacité des pièges à phéromone standard par l'introduction d'une source de lumière.

7.6. Recommandations.

Il est conseillé de disposer au moins un piège Delta pour détecter plus rapidement l'apparition des premiers adultes dans la culture. Il convient de mettre l'accent sur les mesures prophylactiques avant plantation dans les zones contaminées plus particulièrement.

L'abri doit être nettoyé entre chaque cycle de culture et les résidus doivent être détruits. Par ailleurs, un vide sanitaire de 4 à 6 semaines doit séparer l'arrachage d'une culture et la nouvelle plantation afin que les derniers adultes émergent des pupes tombées au sol.

Un suivi régulier est primordial. Dès les premiers piégeages, une surveillance hebdomadaire de la culture doit être réalisée. A un niveau de risque modéré (4 à 30 adultes / semaine/ piège), les méthodes préventives doivent être appliquées.

Au niveau de risque élevé, il faut intensifier les mesures préventifs par l'application des différentes méthodes de lutte intégrée (lutte biotechnique, biotechnologique, physique, biophysique et lutte chimique raisonnée) ou en adaptant un système de piégeage de masse. Une seule méthode ne peut pas maîtriser *Tuta absoluta*.

La méthode de lutte contre la mineuse de la tomate est la combinaison de l'ensemble des méthodes de lutte qui pourrait la contenir. C'est pour quoi la lutte intégrée par l'utilisation d'insecticide homologué pour la lutte biologique (*Bacillus thuringiensis*), la lutte biotechnique avec la mise en place de pièges à phéromone sexuelle, la lutte physique (réalisation d'un vide sanitaire avec pose de filets et la lutte biophysique est à privilégier.

7.7. Production (Annexe - 5 -) : Nous avons réalisés au total 10 récoltes.

Lignes simples :

Hybrides	Nombre plants	Poids Récoltes (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Tavira	243	1101,45	4,53
Carmen	243	707,78	2,91
Kartier	243	917,1	3,77
Moyenne			3,73 ± 0,81

Lignes jumelées :

Hybrides	Nombre plants	Poids Récoltes (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Tavira	486	1725,13	3,55
Carmen	486	1310,92	2,70
Kartier	486	1697,51	3,49
Moyenne			3,24 ± 0,47

Hors sol :

Hybrides	Nombre plants	Poids Récoltes (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Tavira	81	255,78	3,16
Carmen	81	220,08	2,72
Kartier	81	272,74	3,37
Moyenne			3,03 ± 0,33

Hors Essais.

Hybrides	Nombre plants	Poids Récoltes (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Tavira	81	474,28	5,86
Carmen	81	226,86	2,80
Kartier	81	360	4,44
Moyenne			4,36 ± 1,53

Récolte totale (Hors essais non inclus).

Hybrides	Nombre plants	Poids Récoltes (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Tavira	810	3082,36	3,81
Carmen	810	2238,78	2,76
Kartier	810	2887,35	3,56
Moyenne			3.37

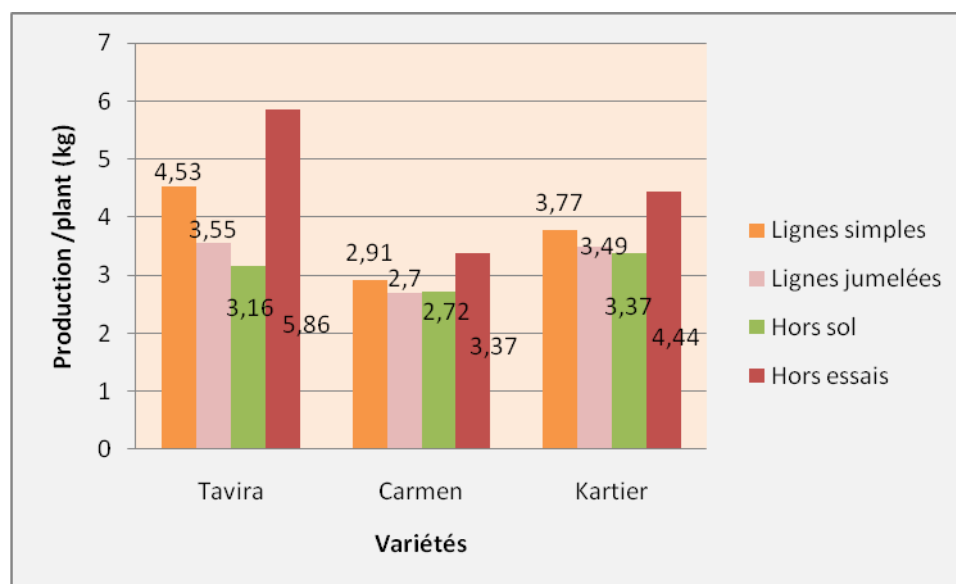


Figure 7.18: Production par plant / variété.

Dans tous les systèmes de plantation, l'hybride Tavira a donné une meilleure production (Kg / plant) suivi par Kartier et en dernier l'hybride Carmen. Le système de plantation en lignes simples a donné une production de 3,73 Kg /plant en moyenne pour tous les hybrides utilisées suivi par le système de plantation en lignes jumelées (3,24Kg / plant) et en fin par le hors sol (3,03Kg/plant).

Pour les trois lignes hors essais, la plantation est effectué en sol et en lignes simples, ce système de plantation en lignes simples a donné encore une fois une meilleure production (4,36Kg/ plant).

Ainsi, nous pouvons conclure que le système de culture en ligne simple est le mieux adapté à nos conditions de plantation, la chute de production dans le système en lignes jumelées s'explique par une attaque précoce de la pourriture grise qui était favorisée par une forte humidité.

Ce système est déconseillé si l'humidité n'est pas suffisamment contrôlée, en dernier, le système hors sol nécessite une grande technicité et maîtrise du système de fertigation et le choix du substrat.

Les analyses statistiques (Ecart type) entre les différents systèmes de plantation montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les différents traitements.

Nous sommes loin des rendements (3.37Kg/plant) espérés dans ce système de production. Au total, nous avons obtenu en moyenne un rendement de 923,8 q/ha, sachant que nous avons utilisé un système de culture en cycle court (plantation janvier), nous avons pratiqué l'étêtage au 10^{ème} bouquet et nous avons effectué 10 récoltes seulement.

Ce modèle de production et de protection intégrée nécessite une très grande technicité particulièrement dans le domaine de l'irrigation, de la fertilisation (fertigation) et dans la gestion climatique et phytosanitaire.

L'analyse de l'écart type montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents modes de production (lignes simples, lignes jumelées, Hors sol).

**CONCLUSION GENERALE
&
PERSPECTIVES**

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Personne ne conteste que la bataille contre les ravageurs et les maladies des cultures soit éternelle. Avec l'intensification des échanges, de nouveaux ravageurs et maladies sont introduits de manière continue dans toutes les parties du monde comme le cas de la mineuse (*Tuta absoluta*) de la tomate introduite récemment en Algérie, malgré l'application des législations nationales et internationales en matière d'importation des produits agricoles.

Certains ravageurs et maladies ont déjà développé la résistance ou ont muté vers des formes encore plus destructives. Très peu parmi nous se rendent compte que le dilemme posé par les problèmes phytosanitaires actuellement est aussi désastreux qu'il l'était, il y a plus de cinquante ans.

Les maladies et les ravageurs ne cessent de développer la résistance à beaucoup de matières actives que les producteurs trouvaient autrefois très efficace. En même temps, les producteurs assistent d'une part à une augmentation de leur budget alloué à la gestion phytosanitaire et d'autre part à une réduction du nombre de pesticides efficaces disponibles à cause des problèmes liés à la santé humaine et à l'environnement.

Il est certain que durant les prochaines années, les réglementations législatives internationales en matière d'enregistrement et d'utilisation des pesticides augmenteront en nombre et en sévérité et il n'est pas surprenant de voir dans certaines situations des réductions de plus de 50% du nombre de pesticides enregistrés sur certains produits agricoles.

Après l'utilisation intensive de produits phytosanitaire organique de synthèse, d'effets non intentionnels et de désordres écologiques, il est temps de répondre actuellement à la demande croissante dans le respect de l'environnement. La production et la protection intégrée est devenu un défi majeur, qui traite des approches alternatives, complémentaires et innovantes de l'agriculture intégrée, raisonnée et qui constitue un outil indispensable pour tous ceux qui s'impliquent, à travers l'agriculture et la protection de l'environnement, dans le développement durable

Tous ces résultats et observations confirment qu'une combinaison de méthodes de protection s'impose pour limiter les populations de la mineuse de la tomate, dans un contexte où d'autres ravageurs et maladies sont aussi à gérer. De même les stratégies de production et de protection sont encore à approfondir.

Ces résultats sont prometteurs pour envisager un contrôle dans le système de production et protection intégrée de la tomate sous abris, en complément avec d'autres méthodes de lutte comme l'utilisation d'auxiliaires, le greffage, la

pulvérisation de pesticides sans classement toxicologique, la stimulation des défenses naturelles des plantes et la lutte génétique, l'usage croissant des phéromones marque une nouvelle ère de la protection des cultures où le respect de l'environnement, la santé publique et la sécurité alimentaire ont une place considérable. Pour une meilleure production et qualité supérieure des fruits, nous avons prévue l'utilisation des bourdons pollinisateurs (Figure 7.19) pour la campagne 2010 - 2011.

Cette technique de pollinisation par les bourdons engendre une production plus élevée ainsi que des fruits plus gros et de qualité supérieure.



Figure 7.19 : Bourdon pollinisateur (Originale, 2010).

La Production et la Protection Intégrée permettent une réduction significative du nombre de traitement chimique sur la culture ce qui à des conséquences positives en termes :

- Économiques
- De protection de l'environnement.
- De sécurité du producteur
- De quantité de résidus dans la production (sécurité du consommateur).

Cette approche connue comme la lutte intégrée des ravageurs, est conçue pour limiter leurs dommages à des niveaux plus acceptables, sans toutefois les éliminer complètement. Elle sous-entend une nouvelle ligne de pensée et un défi pour nous tous.

La tactique consiste en l'application de la connaissance du cycle de vie du ravageur, une surveillance accrue et l'évaluation de l'étendue des dommages. Une gestion intégrée des ravageurs doit être planifiée en fonction de chaque culture et de chaque environnement.

Dans ce cadre, il est primordial d'assurer l'adoption et la mise en application des techniques de productions et de protections intégrées pouvant être transférées au niveau des exploitations.

Il s'agit des techniques relatives aux différentes étapes de réalisation des cultures et de leur mise en application comme dans notre cas pour la tomate, et de mettre en œuvre une méthodologie de transfert des résultats disponibles au bénéfice direct du secteur productif dans le cadre de pôles de démonstration pour l'adoption et la validation des techniques de Production et Protection Intégrée transférables au niveau des exploitations.

L'utilisation raisonnée et efficace des produits phytosanitaire joue un rôle important dans l'agriculture moderne. L'introduction de nouvelles techniques de production, la gestion du climat, de l'irrigation et de la fertilisation sont d'une importance vitale pour la plante cultivée en multi chapelle. La connaissance des ravageurs et des maladies s'attaquant à la tomate sous abris est la base de toutes solutions visant à la diminution des dégâts.

Pour notre système (PPI), notre expérience a démontrée que le contrôle des conditions climatique a réduit le niveau d'infestation par les maladies fongiques, et que le contrôle des ravageurs nécessite une application de différentes mesures alternatives de lutte en générale et *Tuta absoluta* en particulier.

L'utilisation de la lutte biophysique a montré que la mineuse de la tomate est attirée par la lumière et que cette méthode est aussi efficace pour le contrôle de la dynamique de population de *Tuta absoluta*. Ce dernier ne peut être contrôlé par l'application d'une seule méthode.

La lutte biophysique est une méthode de lutte à part entière. L'intérêt pour la lutte biophysique est également justifié par le fait qu'elle peut apporter une solution à des problèmes qui ne sont pas ou que partiellement réglés par d'autres méthodes de lutte.

Mais sur le plan de transfert de ce système vers les partenaires socioprofessionnelles, la recherche de solutions à court terme est généralement prioritaire. L'autre paramètre essentiel de l'acceptation de la démarche par les agriculteurs est la gestion du risque : l'efficacité de la protection intégrée des cultures est généralement reconnue lorsqu'elle est utilisée d'une façon optimale mais le risque d'échec associé à toute erreur stratégique est élevé et susceptible de conséquences économiques graves.

Ces contraintes sont à mettre en regard des possibilités de valorisation économiques de ces méthodes qui restent encore incertaines dans l'état actuel des circuits économiques.

La forte capacité reproductive des adultes de *Tuta absoluta* (12 générations /an) ainsi que leur rapidité d'adaptation et de propagation à travers le monde, en ont fait le sujet de préoccupation majeur en Algérie pour l'année 2009 et 2010 en culture de tomate.

L'Algérie a mis en place un système de surveillance et de piégeage par l'utilisation des phéromones depuis septembre 2008 en plus de 50 000 phéromones remise gratuitement aux agriculteurs.

Il est utile de signaler que les phéromones constituent un outil indispensable à intégrer dans un programme de lutte intégrée pour la surveillance et le piégeage de masse de *Tuta absoluta*.

Il est important de conjuguer l'effort de tous les intervenants d'où la nécessité que les informations recueillies soient uniforme et standardisées sous la responsabilité d'un organisme de suivi et de gestion.

Bien que les efforts de certains pays aient fait l'éloge, il est mis en garde contre le développement massive arbitraire des phéromones de *Tuta absoluta* aux agriculteurs et aux conseillers techniques non formés comme un « facteur de bien se sentir » et comme une « solution politique rapide », pour montrer aux agriculteurs que quelque chose ait été réalisé.

Ce type d'approche sera de courte durée et aura un impact sur la crédibilité à long terme des phéromones dans le cadre d'une stratégie globale pour la gestion de *Tuta absoluta* au cours des années à venir. Pour l'heure actuelle, il est nécessaire d'intégrer les différentes approches de lutte pour lutter contre *Tuta absoluta*.

On raison de la conjoncture actuelle, les bio pesticides sont appelés à un avenir meilleur, car la demande en produit phytosanitaire sans danger, de faible rémanence, et qualifiés de « produit vert » est actuellement en hausse.

On ne saurait ignorer les aspects en sécurité alimentaire, écologique et environnementale. Il convient de se demander qu'elle est la place des insecticides d'origine végétale dans la lutte phytosanitaire aujourd'hui et qu'elles perspectives s'offrent à eux.

La mise au point des bio pesticides d'origine végétale est beaucoup moins sujette à polémique mais il y a encore beaucoup de progrès à faire pour que leurs utilisations deviennent une réalité dans les pays industrialisés et en voie de développement, la démarche industrielle n'est pas toujours réalisée.

Ainsi, après avoir prospecté les plantes, isolé les principes actifs doivent être extraits et faire l'objet de formulations commerciales. Cette extraction n'est pas sans poser de problèmes techniques en raison de leur nature chimique [125].

Dans le but de préserver l'environnement et protéger le consommateur des effets néfastes d'une utilisation abusive des pesticides, et afin de respecter les normes de tolérance des résidus dans les pays destinataires et de faire intégrer notre agriculture dans le marché international, le recours à la lutte intégrée dans les différentes stratégies de protection phytosanitaire s'avère indispensable. Elle consiste en l'utilisation de tous les moyens aussi bien cultureaux, biologiques que chimiques pour une meilleure optimisation de la lutte contre les maladies et ravageurs de la culture tout en réduisant les applications non justifiées de pesticides.

Nous souhaitons que notre ouvrage ouvre la voie à d'autres réalisations et succès dans ce domaine, afin de renforcer les perspectives d'une agriculture durable soucieuse de préserver l'environnement, au plus grand bénéfice de notre espèce et de la planète.

ANNEXES

ANNEXE -1-

Analyses du sol et de l'eau

Les analyses de l'eau et du sol sont effectuées au niveau de l'Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage (INSID) avant la mise en place de l'essai.

1. Analyses de l'eau.

Echantillon	Eau
Ph _{EAU}	6.26 (Normes : 6.5 à 8.3)
Conductivité électrique (EC) (ds / m)	1.53
Calcium (Ca) (ppm)	3.41
Magnésium (Mg) (ppm)	1.19
Potassium (K) (ppm)	0.25
Sodium (Na) (ppm)	3.64

NB: Les analyses des anions (SO₄, CL, HCO₃, CO₃) et du calcaire actif n'ont pas été réalisées à cause d'une faible conductivité électrique et d'une faible concentration en calcaire total.

2. Analyses du sol.

Les prélèvements du sol sont effectués sur trois profondeurs différentes au niveau de la multi chapelle.

H1: 10 cm de profondeur.

H2: 20 cm de profondeur.

H3: 30 cm de profondeur.

2.1. Analyses Granulométriques

Granulométrie	Echantillons			Moyennes
	H1	H2	H3	
Argile (%)	10.5	9.5	8.5	9.5
Limon (%)	7.97	10.22	9.34	9.17
Sable (%)	81.53	80.28	82.16	81.32

Notre sol est constitué essentiellement de sable (81,32%) avec très peu d'argile (9,5%) et de limon (9,5%).

2.2. Analyses Physico – chimiques.

Types d'analyses	Echantillons			Moyennes
	H1	H2	H3	
Phosphore assimilable (ppm)	318.31	334.34	329.76	327.47
Ph _{EAU}	8.67	8.54	8.58	8.59
Conductivité électrique (EC) (ds / m)	0.17	0.12	0.14	0.14
Calcaire total (%)	5	4.22	8	5.74
Matière organique (%)	1.04	0.61	2.11	1.25
Calcium (Ca) (meq / 100 g sol)	8.95	7.38	9.12	8.48
Magnésium (Mg) (meq / 100 g sol)	2.82	2.96	6.85	4.21
Potassium (K) (meq / 100 g sol)	0.55	0.86	1.14	0.85
Sodium (Na) (meq / 100 g sol)	1.64	1.78	5.13	2.85

Nous constatons que notre sol est très faible en matière organique (1,25%) et riche en phosphore (327,47 ppm), il ne nécessite pas un apport supplémentaire en phosphore au moment de la fertilisation, par contre un grand apport en matière organique avant plantation.

ANNEXE - 2 -

Relevés climatiques
du 18/01/2010 au 24/06/2010
(23 Semaines)

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
18 -Janvier	11	29	20	35	100	67,5
19 -Janvier	12	28	20	63	100	81,5*
20 -Janvier	13	25	19	65	100	82,5*
21-Janvier	12	29	20,5	48	100	74
Moyennes 1 ^{ère} semaine	12	27,75	19,87	52,75	100	76,37
22 -Janvier (Vendredi)	8	25	16,5	43	96	69,5
23 -Janvier	09	26	17,5	52	100	76
24 -Janvier	10	30	20	60	100	80*
25 -Janvier	12	22	17	60	100	80*
26 -Janvier	14	20	17	70	98	84*
27 -Janvier	12	26	19	55	100	77,5
28 -Janvier	12	25	18,5	68	100	84*
Moyennes 2 ^{ème} semaine	11	24,85	17,92	58,28	99,14	78,71

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
29-Janvier (Vendredi)	10	20	15	67	100	83,5*
30 -Janvier	11	31	21	42	92	67
31 -Janvier	8	22	15	60	100	80*
01 -Février	8	30	19	43	85	64
02 -Février	4	28	16	25	90	57,5
03 -Février	4	31	17,5	33	94	63,5
04 -Février	10	22	16	45	98	71,5
Moyennes 3 ^{ème} semaine	7,85	26,28	17,07	45	94,14	69,57
05 -Février (Vendredi)	12	33	22,5	55	98	76,5
06 -Février	12	29	20,5	60	98	79
07 -Février	12	29	20,5	50	98	74
08 -Février	8	25	16,5	85	100	92,5***
09 -Février	14	20	17	78	100	89**
10 -Février	12	28	20	63	100	81,5*
11 -Février	12	20	16	52	100	76
Moyennes 4 ^{ème} semaine	11,71	26,28	19	63,28	99,14	81,21
12 -Février (Vendredi)	08	30	19	58	95	76,5
13 -Février	10	18	14	90	100	95***
14 -Février	11	22	16,5	80	100	90**
15 -Février	8	17	12,5	90	100	95***
16 -Février	12	30	21	52	100	76
17 -Février	12	27	19,5	45	100	72,5
18 -Février	10	25	17,5	50	100	75
Moyennes 5 ^{ème} semaine	10,14	24,14	17,14	66,42	99,28	82,85

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
19 -Février (Vendredi)	12	25	18,5	78	100	89**
20 -Février	10	32	21	60	98	79
21 -Février	10	16	13	70	100	85*
22 -Février	12	33	22,5	40	100	70
23 -Février	12	26	19	65	100	82,5*
24 -Février	12	28	20	50	100	75
25 -Février	11	30	20,5	40	100	70
Moyennes 6 ^{ème} semaine	11,28	27,14	19,21	57,57	99,71	78,64
26 - Février (Vendredi)	12	22	17	60	100	80*
27 - Février	10	32	21	35	98	66,5
28 - Février	15	28	21,5	52	96	74
01 - Mars	14	33	23,5	50	100	75
02 - Mars	12	28	20	55	100	77,5
03 - Mars	16	32	24	60	100	80*
04 - Mars	13	30	21,5	70	100	85*
Moyennes 7 ^{ème} semaine	13,14	29,28	21,21	54,57	99,14	76,85
05 - Mars (Vendredi)	12	26	19	60	100	80*
06 - Mars	14	27	20,5	83	100	91,5***
07 - Mars	13	20	16,5	78	100	89**
08 - Mars	12	21	16,5	85	100	92,5***
09 - Mars	09	21	15	58	98	78
10 - Mars	08	16	12	50	100	75
11 - Mars	06	26	16	40	100	70
Moyennes 8 ^{ème} semaine	10,57	22,42	16,5	64,85	99,71	82,28

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
12 - Mars (Vendredi)	10	16	13	73	100	86,5**
13 - Mars	9	18	13,5	87	100	93,5***
14 - Mars	8	24	16	75	98	86,5**
15 - Mars	11	24	17,5	45	100	72,5
16 - Mars	06	27	16,5	55	95	75
17 - Mars	11	29	20	40	100	70
18 - Mars	10	27	18,5	35	95	65
Moyennes 9 ^{ème} semaine	9,28	23,57	16,42	58,57	98,28	78,42
19 - Mars (Vendredi)	12	28	20	45	95	70
20 - Mars	13	30	21,5	40	96	68
21 - Mars	12	26	19	45	96	70,5
22 - Mars	13	26	19,5	70	100	85*
23 - Mars	13	24	18,5	60	100	80*
24 - Mars	12	26	19	65	100	82,5*
25 - Mars	16	27	21,5	65	100	82,5*
Moyennes 10 ^{ème} semaine	13	26,71	19,85	55,71	98,14	76,92
26 - Mars (Vendredi)	13	28	20,5	55	100	77,5
27 - Mars	12	26	19	50	100	75
28 - Mars	10	27	18,5	45	100	72,5
29 - Mars	12	26	19	47	100	73,5
30 - Mars	14	32	23	50	100	75
31 - Mars	10	24	17	55	100	77,5
01 - Avril	10	22	16	55	100	77,5
Moyennes 11 ^{ème} semaine	11,57	26,42	19	51	100	75,5

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
02 - Avril (Vendredi)	10	23	16,5	50	100	75
03 - Avril	8	29	18,5	35	98	66,5
04 - Avril	12	22	17	62	97	58,66
05 - Avril	8	20	14	60	98	57,33
06 - Avril	12	24	18	45	98	71,5
07 - Avril	14	20	17	85	100	92,5***
08 - Avril	14	22	18	60	100	80*
Moyennes 12 ^{ème} semaine	11,14	22,85	17	56,71	98,71	77,71
09 - Avril (Vendredi)	12	32	22	85	100	92,5***
10 - Avril	12	22	17	60	100	80*
11 - Avril	11	26	18,5	60	100	80*
12 - Avril	15	22	18,5	82	100	91***
13 - Avril	15	27	21	60	100	80*
14 - Avril	16	24	20	65	100	82,5*
15 - Avril	16	20	18	90	100	95***
Moyennes 13 ^{ème} semaine	13,85	24,71	19,28	71,71	100	85,85
16 - Avril (Vendredi)	14	26	20	75	100	87,5**
17 - Avril	16	20	18	70	100	85*
18 - Avril	14	26	20	50	100	75
19 - Avril	12	26	19	65	100	82,5*
20 - Avril	12	26	19	40	100	70
21 - Avril	14	31	22,5	45	100	72,5
22 - Avril	18	20	19	95	100	97,5***
Moyennes 14 ^{ème} semaine	14,28	25	19,64	62,85	100	81,42

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
23 - Avril (Vendredi)	16	23	19,5	90	100	95***
24 - Avril	14	28	21	50	100	75
25 - Avril	13	26	19,5	50	100	75
26 - Avril	15	26	20,5	45	100	72,5
27 - Avril	12	30	21	35	100	67,5
28 - Avril	13	26	19,5	45	100	72,5
29 - Avril	12	33	22,5	60	100	80*
Moyennes 15 ^{ème} semaine	13,57	27,42	20,5	3,57	100	76,78
30 - Avril (Vendredi)	14	32	23	65	100	82,5*
01 - Mai	18	30	24	70	100	85*
02 - Mai	16	30	23	70	100	85*
03 - Mai	16	24	20	90	100	95***
04 - Mai	14	24	19	70	100	85*
05 - Mai	13	31	22	55	100	77,5
06 - Mai	12	28	20	55	100	77,5
Moyennes 16 ^{ème} semaine	14,71	8,42	21,57	67,85	100	83,92
07 - Mai (Vendredi)	16	28	22	55	100	77,5
08 - Mai	14	29	21,5	60	100	80*
09 - Mai	14	30	22	65	100	82,5*
10 - Mai	15	28	21,5	60	100	80*
11 - Mai	18	27	22,5	65	100	82,5*
12 - Mai	18	30	24	55	100	77,5
13 - Mai	17	27	22	50	100	75
Moyennes 17 ^{ème} semaine	16	8,42	22,21	8,57	100	79,28

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
14 - Mai (Vendredi)	16	28	22	65	100	82,5*
15 - Mai	14	26	20	55	100	77,5
16 - Mai	15	22	18,5	60	100	80*
17 - Mai	14	27	20,5	65	100	82,5*
18 - Mai	13	26	19,5	45	98	71,5
19 - Mai	12	25	18,5	40	100	70
20 - Mai	14	25	19,5	40	95	67,5
Moyennes 18 ^{ème} semaine	14	25,57	19,78	52,85	99	75,92
21 - Mai (Vendredi)	14	26	20	40	95	67,5
22 - Mai	13	26	19,5	60	100	80*
23 - Mai	18	28	23	60	98	79
24 - Mai	14	29	21,5	40	100	70
25 - Mai	14	34	24	45	100	72,5
26 - Mai	20	30	25	65	100	82,5*
27 - Mai	16	28	22	60	100	80*
Moyennes 19 ^{ème} semaine	15,57	28,71	22,14	52,85	99	75,92
28 - Mai (Vendredi)	14	26	20	60	100	80*
29 - Mai	16	28	22	65	100	82,5*
30 - Mai	14	30	22	70	100	85*
31 - Mai	15	31	23	65	100	82,5*
01 - Juin	16	30	23	70	100	85*
02 - Juin	20	35	27,5	40	100	70
03 - Juin	19	34	26,5	60	100	80*
Moyennes 20 ^{ème} semaine	16,28	30,57	23,42	61,42	100	80,71

Dates	Températures de l'air en °C			Humidité relative de l'air en %		
	Mini	Maxi	Moyennes	Mini	Maxi	Moyennes
04 - Juin (Vendredi)	20	33	26,5	60	100	80*
05 - Juin	16	34	25	40	100	70
06 - Juin	16	34	25	55	100	77,5
07 - Juin	20	32	26	60	100	80*
08 - Juin	18	32	25	55	100	77,5
09 - Juin	19	31	25	70	100	85*
10 - Juin	18	32	25	65	100	82,5*
Moyennes 21 ^{ème} semaine	18,14	32,57	25,35	57,85	100	78,92
11 - Juin (Vendredi)	18	28	23	55	100	77,5
12 - Juin	16	32	24	60	100	80*
13 - Juin	19	30	24,5	50	100	75
14 - Juin	19	24	21,5	85	100	92,5***
15 - Juin	19	29	24	70	100	85*
16 - Juin	17	28	22,5	71	100	85,5**
17 - Juin	17	28	22,5	60	100	80*
Moyennes 22 ^{ème} semaine	17,85	28,42	23,14	64,42	100	82,21
18 - Juin (vendredi)	20	31	25,5	60	100	80*
19 - Juin	17	32	24,5	70	100	85*
20 - Juin	18	28	23	55	100	77,5
21 - Juin	16	32	24	45	100	72,5
22 - Juin	14	30	22	35	100	67,5
23 - Juin	14	30	22	40	100	70
24 - Juin	15	31	23	30	100	65
Moyennes 23 ^{ème} semaine	16,28	30,57	23,42	47,85	100	73,92

* : **Risque modéré** du développement du botrytis et du mildiou (HR entre 80 et 85%).

** : **Risque élevé** du développement du botrytis et du mildiou (HR entre 85 et 90%).

*** : **Risque très élevé** du développement du botrytis et du mildiou (HR supérieure à 90%).

ANNEXE - 3 -

Fiches techniques des produits utilisés

1. Produit biologique d'origine bactérienne.

1.1. Dipel DF.

(Dry Flowable) (*Bacillus thuringiensis*, Sub sp Kurstaki). Origine: Valent BioSciences Corporation USA. N° 23-0314/R5 Concentration: 32000 unités Internationale par milligramme (poudre mouillable). Composition: 54% Strain ABTS-351, fermentation solides et solubles et 46% d'autres ingrédients, il est compatible avec l'utilisation des auxiliaires, il est sans effet toxicologique et peut être utilisé jusqu'à la récolte. Il ne présente aucun risque et aucune action sur l'utilisateur, les mammifères, les oiseaux, les poissons, et l'environnement.

C'est un insecticide larvicide d'origine bactérienne, spécifique des lépidoptères, il est destiné à la lutte contre les chenilles dévoratrices des feuilles et des fruits, il provoque chez les chenilles, après ingestion, un arrêt immédiat et définitif de la nutrition (Septicémie) puis leur mort en quelques heures à 48 heures. Le tube digestif de ces insectes a la particularité de dégrader les cristaux protéiques contenus dans le produit en toxines.

La dose d'application est de 0,5 à 1Kg /ha, il est utiliser sur tomate contre les jeunes chenilles, ou entre les stades 1^{er} et 4^{ème} bouquet. Il est recommandé de traiter deux fois à intervalle de 10 à 12 jours pendant la période à risque.

Pour son application, il faut bien mouiller le dessous et le dessus des feuilles en réalisant une pulvérisation fine, le Ph de la bouillie doit être entre 5 et 7 (le Ph de l'eau que nous avons utilisé est de 6,26), il peut être utilisé en alternance avec les autres insecticides homologués.

La meilleur efficacité est observée quant les chenilles sont au 1^{er} et 2^{ème} stade larvaire, juste après éclosion qui correspond à la phase d'alimentation active. Positionner le nombre de traitements à réaliser à l'aide des pièges attractifs.

Le Dipel est compatible dans le programme de lutte intégrée en culture sous abris et une alternative pour la protection des cultures. Il est efficace contre les noctuelles de la tomate

1.2. Tracer 240 Sc.

Le spinosad est la matière active de Tracer, est un insecticide de la famille des Naturalytes, issue de la fermentation bactérienne de *Saccharopolysora spinosa*, une bactérie du sol existante dans la nature. Tracer agit principalement par ingestion et par contact et a une persistance d'action 1 à 2 semaines, il n'est pas systémique et donc les nouvelles pousses ne sont pas protégées.

Tracer 240 Sc est effectif sur les lépidoptères, les thysanoptères, certains diptères et coléoptères. IL n'est pas toxique pour la majorité des insectes auxiliaires et donc, peut être inclus dans les programmes de lutte intégrée. Dose d'application est 60ml/hl et un délai avant récolte (DAR) de 3 jours.

2. Produit biologique d'origine végétale.

2.1. Deffort.

C'est un mélange d'un extrait végétal (4%p/p) et d'oligoéléments (Manganèse (Mn) soluble dans l'eau 1% p/p et de Zinc (Zn) soluble dans l'eau 1% p / p).

C'est un produit utilisé en agriculture biologique selon la réglementation CEE n° 2092/91. C'est un extrait aqueux stabilisé de la racine d'une plante originaire de chine. Il contient des alcaloïdes responsables de son activité insecticide. Il contient des extraits de plantes de la famille des Fabacées.

Les extraits contiennent des substances qui améliorent la résistance des plantes aux attaques des ravageurs (saponines, tanins, alcaloïdes, polyphénols, etc). Ces substances font que les tissus ne soient pas appétissants pour les ravageurs et remportent un effet répulsif, évitant ainsi la ponte des œufs. Il contrôle les larves de la plupart des ravageurs les plus courants dans les cultures d'arbres fruitiers et horticoles (Lépidoptères, thrips, pucerons, acarien rouge, mouche blanche, psylle, mineuse, etc.).

Il a un effet répulsif après son application. Il présente aussi une certaine activité contre les champignons pathogènes: activité inhibitoire sur la germination des conidies et sur la croissance des hyphes (mildiou, oïdium, alternariose, rhizoctone, anthracnose, etc.).

L'extrait végétal contient des alcaloïdes qui empêchent le retour des muscles de l'insecte de l'état de repos. En conséquence l'insecte meurt d'épuisement physique.

Les alcaloïdes de l'extrait végétal se placent sur les récepteurs des cellules musculaires et ces dernières se contractent, ensuite, le muscle reste contracté indéfiniment car l'acétylcholinestérase n'est pas capable de dégrader ces molécules et, en conséquence, le récepteur musculaire, n'est pas libéré (le muscle ne se repose pas), par la suite, l'insecte meurt d'épuisement et de déshydratation.

Lorsqu'il est appliqué régulièrement, on obtient la rémission progressive des ravageurs. Il est seulement effectif dans la phase larvaire de l'insecte.

Les avantages sont:

- Une très basse toxicité.
- Pas de résidus dans les cultures
- Peut se mélanger à d'autres produits
- Un effet insectifuge après son application
- Son effet dure 10 à 15 jours.
- Sa grande stabilité (grâce au Manganèse et au Zinc).

La dose d'application est de 250 à 650 cc/hl (2,5 à 6,5 l/ha). Mode : Application foliaire

2.2. Tutafort.

Il contient des extraits de plantes de la famille des berbérédacées, lesquels sont à l'origine de son effet, il s'emploie en présence d'adultes et/ou œufs. Il agit par contact et affecte ainsi les adultes et les œufs en provoquant les effets suivants :

- Il pénètre par la cuticule et dissout la membrane cellulaire, l'insecte se déshydrate et meurt.
- Il interfère dans le métabolisme cellulaire et dans la production d'hormones de croissance pendant la métamorphose.
- Il diminue la respiration de l'œuf en empêchant le passage de l'oxygène par les pores.

Il est composé de : 9 %p/p d'extrait de plante, 1%p/p de Limonène et de 90%p/p de Tensioactifs, coadjuvants et dissolvants.

Tutafort agit par contact sur les adultes et les œufs de *Tuta absoluta*, jamais par ingestion, il peut être mélangé avec Deffort, ledit mélange, est très recommandé lorsqu'on observera la présence de larves, adultes et/ou œufs de *Tuta absoluta*.

La dose d'application est de 100 à 150 cc/hl (1 à 1,5 l/hl).

Deffort et Tutafort sont d'origine ALTINCO Nutrition, stimulation et protection des cultures, Espagne)

3. Produit phytosanitaire d'origine chimique.

3.1. Cypermight super (Cyperméthrine).

Il est de la famille chimique pyréthrianoïde de synthèse, il est soluble dans la plupart des solvants organiques, il agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes, à des doses très faibles. Il possède également un effet répulsif: inhibition de la ponte chez les adultes et de la nourriture chez les larves. Il est utilisé sur toutes les cultures.

3.2. Bouillie Bordelaise Vallès (Cuivre du sulfate Origine : Espagne).

C'est une poudre (WP) contenant 76% de sulfate tétéracuvrique tricalcique 20% en équivalent cuivre.

C'est un fongicide cuprique de contact à action préventive de longue durée, il présente des actions complémentaires intéressantes sur d'autres maladies telles que l'excoriose, l'oïdium et les maladies bactériennes, il est compatible avec le système de production et de protection intégrée, il est recommandé à une dose de 1,5 kg / hl et le délai avant récolte est de 15 jours. Le produit doit être appliqué préventivement lorsque les conditions sont favorables aux maladies avant que l'infection ait eu lieu.

Le cuivre pourrait en général être phytotoxique sur jeunes feuilles et sous certaines conditions climatiques (forte chaleur). La Bouillie bordelaise est sans risque lorsqu'elle est utilisée sagement, elle est recommandée contre le mildiou et les maladies bactériennes.

3.3. Euparen M 50WG (Tolyfluanide).

C'est un microgranulé dispersible dans l'eau (WG), fongicide à base de Tolyfluanide, il agit par contact sur un grand nombre de champignons pathogènes lorsqu'il est appliqué en préventif et présente un mode d'action « multisites ». Euparen M inhibe la germination des conidies et la croissance mycélienne, son adhérence sur les végétaux lui confère une bonne résistance au lessivage et une bonne persistance d'action, il est recommandé notamment pour la lutte contre les mildious, les pourritures grises (botrytis), la tavelure et les maladies de conservation des fruits (Pomme, Poire) lors du stockage.

Il est homologué à la dose de 1,5 Kg /ha sur tomate et présente un délai avant récolte (DAR) de 03 jours.

3.4. Rovral 500 Sc. (Iprodione).

C'est un fongicide de la famille chimique dicarboximides (hydantoïnes), dont la matière active est Iprodione il est soluble dans l'eau, il agit préventivement par contact en inhibant la germination des spores ou en bloquant le développement du mycélium, il possède une efficacité sur de nombreux champignons (Botrytis, Sclérotinia, Monilia, Helminthosporium...).

Il est pratiquement absorbé par les feuilles et par les racines ou incorporé au sol, il est rapidement métabolisé, le délai avant récolte est de trois jours, il est compatible au programme production et protection intégrée. Il est utilisé à la dose de 150 ml/hl. Le délai avant récolte est de 7 jours. Il peut être appliqué en traitement localisé avec le système goutte à goutte.

La protection optimale de la culture nécessite la réalisation d'un programme de 3 à 4 traitements du stade début de floraison jusqu'au stade premiers fruits verts.

3.5. Bengu. (Famille : Benzimidazole).

C'est un fongicide de la famille chimique benzimidazoles, il est polyvalent et systémique, il est absorbé par les organes verts et les racines des végétaux et véhiculé par le courant de sève brute. Son action peut être préventive en empêchant l'installation du champignon ou curative en limitant son développement et en empêchant sa sporulation.

Sa persistance d'action est de l'ordre de 2 à 3 semaines .Il est utilisé contre le botrytis (Pourriture grise) sur cultures légumières à la dose de 500ml /hl.

ANNEXE - 4 -

Différents traitements phytosanitaires réalisés contre *Tuta absoluta*.

Matières active	Nom commercial	Doses	Nombre de traitements	Observations et modes d'application
Produit biologique d'origine végétale	Ail (Décoction)	10g/l d'eau	03	Pulvérisation foliaire
<i>(Bacillus thuringiensis Sub sp Kurstaki</i>	Dipel DF	50 g / hl	02	
Soufre	Microthiol M micronisé	6 kg/ha	01	Action aussi sur l'oïdium et acariens. Pulvérisation foliaire.
Spinosad	Tracer (<i>Saccharopolysora spinosa</i>)	60 ml/hl	02	Pulvérisation foliaire
<i>(Bacillus thuringiensis Sub sp Kurstaki</i>	Dipel	50 g/hl	01	
Extraits végétaux	Tutafort + Deffort	1 l/hl + 2,5 l/ha	02	

ANNEXE - 5 -

Production moyenne par plant et par ligne

Chapelle	Lignes	Variétés	Nombre de plants	Poids Total (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Chapelle 1	Ligne 1 HE	Tavira	81	474,28	5,86
	Ligne 2 HE	Kartier	81	360	4,44
	Ligne 3 Jumelée	Tavira	54	192,78	3,57
		Kartier	54	166,32	3,08
		Carmen	54	145,72	2,70
	Ligne 4 Simple	Kartier	27	117,84	4,36
		Carmen	27	74,48	2,76
		Tavira	27	109,81	4,07
	Ligne 5 Simple	Carmen	27	107,6	3,99
		Tavira	27	151,46	5,61
		Kartier	27	114,64	4,25
	Ligne 6 Jumelée	Carmen	54	176,76	3,27
		Tavira	54	215,2	3,99
		Kartier	54	211,26	3,91
	Ligne 7 Hors Sol	Carmen	27	83,44	3,09
		Kartier	27	84,72	3,14
		Tavira	27	83,82	3,10
	Ligne 8 Jumelée	Kartier	54	183,62	3,40
		Carmen	54	119,35	2,21
		Tavira	54	231,7	4,29

Chapelle	Lignes	Variétés	Nombre de plants	Poids Total (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Chapelle 2	Ligne 1 Jumelée	Carmen	54	118,8	2,20
		Tavira	54	171,14	3,17
		Kartier	54	105,72	1,96
	Ligne 2 Simple	Tavira	27	106,56	3,95
		Kartier	27	107,46	3,98
		Carmen	27	41,96	1,55
	Ligne 3 Simple	Carmen	27	97,4	3,61
		Tavira	27	128,14	4,75
		Kartier	27	56,42	2,09
	Ligne 4 Jumelée	Kartier	54	217,15	4,02
		Carmen	54	173,6	3,21
		Tavira	54	134,48	2,49
	Ligne 5 Simple	Kartier	27	155,1	5,74
		Carmen	27	106,42	3,94
		Tavira	27	133,82	4,96
	Ligne 6 Hors Sol	Kartier	27	90,82	3,36
		Tavira	27	82,44	3,05
		Carmen	27	63,32	2,35
	Ligne 7 Jumelée	Tavira	54	194,94	3,61
		Kartier	54	223,84	4,15
		Carmen	54	134,92	2,50
	Ligne 8 Simple	Tavira	27	134,3	4,97
		Kartier	27	108,18	4,01
		Carmen	27	64,68	2,40

Chapelle	Lignes	Variétés	Nombre de plants	Poids Total (Kg)	Production moyenne par plant (Kg)
Chapelle 3	Ligne 1 Jumelée	Kartier	54	215,08	3,98
		Carmen	54	135,81	2,52
		Tavira	54	176,98	3,28
	Ligne 2 Simple	Carmen	27	89,26	3,31
		Tavira	27	117,8	4,36
		Kartier	27	85,98	3,18
	Ligne 3 Simple	Tavira	27	119,3	4,42
		Kartier	27	83,8	3,10
		Carmen	27	54,04	2,00
	Ligne 4 Jumelée	Tavira	54	185,4	3,43
		Kartier	54	189,78	3,51
		Carmen	54	121,14	2,24
	Ligne 5 Hors Sol	Tavira	27	89,52	3,32
		Carmen	27	73,32	2,72
		Kartier	27	97,2	3,60
	Ligne 6 Jumelée	Carmen	54	184,82	3,42
		Tavira	54	222,51	4,12
		Kartier	54	184,74	3,42
	Ligne 7 Simple	Kartier	27	87,68	3,25
		Carmen	27	71,94	2,66
		Tavira	27	100,26	3,71
	Ligne 8 HE	Carmen	81	226,86	2,80

HE: Hors essai.

GLOSSAIRE

Alternative : action entre deux possibilités, solution proposée lors d'un choix.

Antagoniste : en rivalité ou en concurrence, dont les actions sont en opposition.

Arthropode : invertébré possédant un squelette externe et des appendices articulés.

Auxiliaire : insectes qui fournissent une aide.

Bio pesticide : pesticide dont la matière active est d'origine naturelle (bactérienne, virale, végétale...).

Biotechnologie : technique fondée sur les applications de la biochimie au vivant.

Biotope : milieu stable caractérisé par l'association de sa faune et de sa flore à un moment déterminé.

Crépuscule : moment de la journée qui précède immédiatement la tombée de la nuit.

Concentration : teneur (d'une substance dans un mélange).

Décoction : préparation obtenue en faisant bouillir de manière prolongée une ou des substances pour en extraire les principes actifs.

Déprédateur : agent occasionnant des dégradations au milieu naturel.

Ecologique : qui se préoccupe de préserver un équilibre naturel entre les êtres vivants et leur environnement.

Epandage : opération qui consiste à répandre du fumier, des engrais ou des amendements sur les champs pour les bonifier.

Epidémiologie : étude de la répartition et de la fréquence et de leur gravité des états pathologiques.

Ethologie : étude méthodique du comportement des insectes.

Etiologie : étude des causes des états pathologiques.

Faune : ensemble des animaux (d'un milieu ou d'un espace géographique).

Fertilisation : enrichissement de la terre par les engrais.

Gestion : organisation et contrôle.

Greffage : union physiologique par insertion (d'une pousse d'une plante dans une autre).

Insecticide : substance ou préparation ayant la propriété de tuer les insectes.

Intégrée : introduire une ou plusieurs méthodes alternatives dans un système de production et de protection.

Intensive : qui permet d'obtenir un fort rendement agricole dans une superficie réduite.

Intrant : élément qui entre dans la production.

Lutte biologique : utilisation d'organismes vivants pour réduire les pertes ou dommages causés par les organismes nuisibles aux productions végétales.

Miellat : exsudat sucré produit par certains Homoptères (pucerons, cochenilles...)

Monitoring : surveillance continue.

Mycorhize : association entre un champignon et les racines.

Nématicide : substance ou préparation ayant la propriété de tuer les nématodes.

Néophyte : manque d'expérience.

Nitrate : sel de l'acide nitrique.

Nymphe : stade de développement des insectes entre la larve et l'imago, elle est appelée pupa chez certains Diptères, chrysalide chez les Lépidoptères.

Olfactif : qui utilise ou appartient à la fonction de l'odorat ou à la perception des odeurs.

Parasitoïde : organisme parasite sous sa forme larvaire.

Pathogène : organisme dont l'action provoque une maladie.

Pesticide : produit chimique utilisé pour éliminer les parasites végétaux ou animaux qui nuisent aux cultures.

Phéromone : substance hormonal produite par l'organisme et qui modifie le comportement d'un individu ou d'une population.

Phytophage : dont le régime alimentaire est constitué de végétaux.

Prédateur : qui se nourrit de proies capturées vivantes.

Prophylactique : qui est destiné à empêcher l'apparition, le développement ou l'extension d'une maladie.

Raisonnée : se gardant prudemment de tout excès.

Ravageur : déprédateur provoquant des dégâts, ce terme est employé pour les animaux nuisibles (insectes, ravageurs...). Qui cause des dégâts.

Rémanence : persistance d'action d'un produit.

Résurgence : remontée en surface d'eaux courantes souterraines d'infiltration aux confins d'une zone calcaire.

Rotation : succession des cultures sur la même parcelle.

Synergie : action combinée de façon à ce que la combinaison accroisse les effets.

Synthèse : création d'un élément complexe à partir d'éléments chimiques simples.

Systemique : dont l'action s'effectue à tous les niveaux d'un végétal, se dit d'un pathogène ou d'un produit chimique.

Transgénique : modifié génétiquement pour contenir un gène supplémentaire entraînant l'apparition de caractères nouveaux.

Traitement localisé : traitement effectué sur une partie du sol ou de la culture (contraire : traitement généralisé).

Vecteur : se dit d'un agent (insecte, nématode...) qui prélève, transporte et inocule une maladie ou un virus.

ABREVIATIONS

FAO: (Food and Agricultural Organization). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

IPM : abréviation de terme anglais «Integrated Pest Management» qui signifie protection intégrée.

LMR : Limite Maximale de Résidus.

OEPP/EPPO : European and Mediterranean Plant Protection Organization, Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plante.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Holland, J.M., Frampton, G.K., Cilgy, T and Wratten, S.D., "Arable acromyms analysed A review of integrated arable farming systems research in Western Europe", Ann. Appl. Biol. n° 125, (1994), 399 - 438.
2. Malausa, J.C et Lapchin, L., " Introduction d'insectes entomophages: qu'elles risquent pour l'environnement " In "Enjeux Phytosanitaires pour l'Agriculture et l'Environnement", Lavoisier, (2005), 1013p.
3. Viaux, P., " Agriculture durable. De l'agronomie à l'économie" In AFPP. 7ème Conférence Internationale sur les maladies des plantes, Tours, France, (2003) ,5p.
4. Bernard, J.R., Fabres.G et Regnault-Roger, C., " Protection des Cultures, Environnement et Développement Durable: Enjeux pour le XXIe Siècle " In "Enjeux phytosanitaires pour l'Agriculture et l'Environnement ", Ed. TEC and TOC, Lavoisier, (2005), 1013p.
5. Maisonneuve, J.C., "La protection biologique et intégrée. Serre et plein champ ", Archive, n°183, (2000), 1 - 6.
6. Caron, S., "Les auxiliaires se mettent aux abris. Protection biologique intégrée ", Jeunes Agriculteurs, n° 585, (2003), 1 - 2.
7. Mouchès. C., Pauplin.Y. , Agorwal. M., Lemieux.L., Herzog, M, Abadon.M.; Beysiat-Arnaouty.V., Hyrien.O., Robert de saint Vincent.B., Georghiou. G.P and Pasteur.N. " Characterization of amplification core and estérase B1 gene responsible for insecticide resistance in culex ", Proc.Natl.Acad.Sci. ASA, n° 87, (1990), 2574 - 2578.
8. Regnault- Roger, C., "De nouveaux Phyto-insecticides pour le troisième millénaire", In "Biopesticides d'origine végétale ", Lavoisier. Paris, (2002), 19 - 40.
9. Bruck, R.I., Goodwing, JR et Main, C.E., "Evidence for resistance to metalaxyl in isolates of *Peronospora hyscami* ", Plant Disease, n°66, (1981), 44 - 45.
10. Cooke, L.R., "Résistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* in Northern Ireland", Proc. 1981, Br. Prot. Conf – Pests Dis, n°69, (1981), 686 - 688.
11. Clergeau, M. et Simone, T., « Apparition en France des souches de mildiou (*Plasmopara viticola*) résistantes aux fongicides de la famille des anilides (metalaxyl, milfurame)", Prog. Agric. Vitic, n° 3, (1982), 59 - 61.

12. Bompeix, G., Clerjeau, G., Lafon, P et Malfatti, P., "Mildiou: Mise au point sur l'efficacité du Phosétyl-Al sur les souches résistantes aux Anilides ", Phytoma, Défense des cultures, (Sept/ Oct 1984), 15 - 18.
13. Bruin, G.C.A .et Edginton, L.V., "Intoduction of fungal resistance to metalaxyl by ultraviolet irradiation", Phytopathology, n° 72, (1982), 746 - 480.
14. Shew, H.D., "*In vitro* growth reponse of *Phytophthora parasitica* var *nicotianae* isolates to metalaxyl", Plant Disease, n° 68, (1984), 764 - 766.
15. Cohen, Y. and Reuveni, M., "Occurrence of metalaxyl – Resistant isolate of *Phytophthora infestans* in potato fiels", Phytopathology, n° 73, (1983), 925 – 927.
16. Rabasse, J.M., "Les pucerons et leurs parasitoïdes", Unité de Biologie des Populations. Laboratoire de Biologie des Invertébrés, INRA. France, (2000), 1- 15.
17. Siquera, HQA. , Guedes, RNC and Picanco, MC. "Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta*", Agricultural and Forest Entomology, n° 2, (2000), 147 – 153.
18. Hoppin, J., "Certains pesticides provoquent de l'asthme chez les agriculteurs", (AFP) (2007), 5p.
19. Belpomme, D., "Des pesticides ont provoqué un « désastre sanitaire » aux Antilles Françaises ", (AFP), (2007), 5p.
20. Trottin - Caudal, Y et Villeneuve, F., "Reconnaître les auxiliaires. Légumes et fraise sous serres, abris et en plein champ", Ctifl, (2006), 125p.
21. Gerard, M., "Production et protection intégrées: une approche orientée vers la production de légumes sains en Afrique", Bull. Informations Phytosanitaires, n° 40, (2003), 1- 6.
22. Holland, J.M., "Integrated Farming Systems". In "Encyclopedia of Pest Management", Marcel Dekker, New York, (2002), 410 - 420.
23. Malavolta, E.Fet Wijnands, F.G., "Directives pour la production intégrée des légumes en plein champ", Directives techniques III OILB / SROP, (2004), V. 28 (5) (2005), 20p.
24. Mulrooney, R.P., "Rotation periods to control vegetable diseases", University of Delaware. Delaware Cooperative Extension, (1996), 224 - 236.
25. "Entomologie Agricole", Encyclopaedia Univeralis, France .SA. (2006), 1 - 8.

26. Pivot, D., Gilli, "C et Carlen, C., "Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat", Revue suisse Viticulture. Arboriculture, Horticulture.V. 37(2), (2005), 33 - 42.
27. Bresler, E., "Trickle-drip irrigation, principals and application to soil water management", Advances in agronomy, journal n°29, (1987), 343 - 393.
28. Veschambre, D et Vaysse, P., "Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteur et diffuseur", Ed. CTIFL. INRA, Paris, (1980), 204p.
29. Papadopolous, A.P., "La culture de tomate sous serre sur sol et dans le sol", Ed. Station de Recherche Harrow (Ontario), Canada, (1991), 88p.
30. Ellatir, H., "La conduite et le pilotage de l'irrigation goutte à goutte en maraîchage, bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de technologie en agriculture", (BTTA), MADRPM/ DERD, Maroc, (2005), 6p.
31. Pinto, J.M., Soares, J.M., Costa, N.D., Faria, C.M.B., Brito, L.T et Silva, D.J., "Rates and dates of application of nitrogen to the tomato crop through irrigation water", Horticultural - Brasileira Journal, Publication of the Brasileira de Olericultura, n° 15, (1997), 15 - 18.
32. Fernand, S. et Larguier, M., "Les maladies, Ravageurs et Mauvaises herbes. In "Pesticides et protection phytosanitaire dans une Agriculture en mouvement", ACTA, (2002), 976p.
33. Leclant, F., "Le monde fascinant des entomophages ", Phytoma, Défense des Végétaux, n° 487, (1996) ,26 - 29.
34. Riba, G et Silvy, C., "La lutte biologique et les biopesticides", Phytoma, n° 452, (1993), 21 - 32.
35. Frey, K.J., Browing, J.A. and Simons, M.D., "Management system for host genes control disease loss. The genetic basis of epidemics in agriculture", Ed, Day. New York, Academy of sciences, (1996), 255 - 274.
36. Hanafi, A.; Achouri, M. et Baudoin, W.O., "Production et Protection Intégrées (PPI) ", Symposium International. Agadir. Maroc, (1997), 518p.
37. Fargues, J., Bonato, O et Albajes, R., "Gestion du risque *Bemisia* en culture de tomate sous abris: les stratégies ", PHM. Revue Horticole, n° 461, (2004), 28 - 31.
38. Vincent, C et Panneton, B., "Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. Revue en Sciences de l'environnement", Centre de recherche et de développement en horticulture et agro-alimentaire. Canada. V. 2, n° 2, (2001), 1- 9.

39. Stockel, J., "La confusion sexuelle contre L'*Eudemis*: bientôt une nouvelle méthode de lutte", U.G.U.B. (Février 1994), 9 - 12.
40. Hasting, C et Julien, J., "Utilisation des phéromones en culture légumière et en ornement", PHM, Revue Horticole, n° 486, (Décembre 2006), 11 - 20.
41. Milaire, H., "Les méthodes alternatives en protection des cultures cas des ravageurs phytophages", Phytoma. Défense des cultures, n°390, (1987), 5 - 13.
42. Stockel, J., Schmitz, V., Lecharpentier, P., Roehrich, R., Torresvila, M. et Neumann, U., "La confusion sexuelle chez L'*Eudémis Lobesia botrana* (Lepidoptera, Tortricidae). Bilan de 5 années d'expérimentation dans un vignoble bordelais", Agronomie, n° 2, (1994), 71- 82.
43. Panneton, B., Vincent, C et Fleurat – Leussard, F., "Place de la lutte physique en Phytoprotection " In "Lutte physique en phytoprotection", INRA Editions, Paris, (2000), 347p.
44. Vincent, C. et Panneton, B., "Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides", Revue en Sciences de l'environnement, Centre de recherche et de développement en horticulture et agro-alimentaire Canada. V. 2, n°2, (2001), 1- 9.
45. Murphy, G et Ferguson, G., "Les pucerons en serriculture", Fiche Technique, MAAAR, Ontario, Canada, (2006), 14p.
46. Sekkat, A., Bahloul, E. et Zbair, A., "Stratégie de lutte contre les ravageurs-clés du poivron sous abris à Douiet" In "Les résultats de la lutte intégrée en cultures protégées au Domaine de Douiet", Maroc, (1997), 12 - 20.
47. Merzouk, J., Sekkat, A., Serrhini, M.N., Bahloul, E., Nougas, E.M et Zbair, A., "Les résultats de la lutte intégrée en cultures maraîchères protégées au Domaine de Douiet" In "Production et Protection Intégrées ». PPI. IAV Hassan II, (1997), 518p.
48. Renault Roger, G., Fabres, G et Philogène, B. JR., "Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement", Tec et Doc, Lavoisier, (2005), 1013p.
49. Rouboulet, J.N., "Les auxiliaires entomophages. Reconnaissance, Méthodes d'observation, intérêt agronomique", ACTA, France, (1999), 136p.
50. Vincent, C., "Les biopesticides", Antennae, n°5 (1), (1998), 7 - 29.
51. Giroux, S., Côté, J.C., Vincent, C., Martel, P et Coderre D., "Bactériological insecticide M-one effects on the mortality and the prédation efficiency of adult spotted lady beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: coccinellidae)", Journal Econ. Entomol, n° 87, (1994), 39 - 43.

52. Roger, C., Vincent, C et Coderre, D., "Mortality and predation efficiency of *Cleomegilla maculata lengi* Timberlake (Coccinellidae) following application of Neem extracts (*Azadirachta indica*.A. Juss. Meliceae)", *Journal. Appl. Entomol*, n°119, (1995), 439 – 443.
53. Jacobson, M., "Botanical pesticides. Past, present and future", *American Chemical Society Symposium*, Washington, D.C, Series n°387, (1989), 168p.
54. Severin, F., "Panorama des différents moyens de protection" In "Pesticides et protection phytosanitaire dans une Agriculture en mouvement", ACTA, (2002), 976 p.
55. Alabouvette, C., Lemanceau, P et Steinberg, C., "La lutte microbiologique contre les maladies d'origine tellurique", *Phytoma, Défense des végétaux*, n° 25, (2005), 157 -164.
56. Monnet, Y et Reverchon, S., "Rotation et maladies telluriques", *Agriculture raisonnée, Le Maraîcher. Protection des cultures*, n°33, (2001) ,101 - 105.
57. Briard, M., Dutertre, M et Brygoo, Y., "Du nouveau du côté des *Sclerotinia*, trois espèces, mais quelle variabilité", *Phytoma, Défense des végétaux*, n° 490, (1997) ,15 - 19.
58. Tsao, P.H., "Why many *Phytophthora* root rot and crown rots of tree and horticultural crops remain undetected", *Bulletin O.E.P.P*, n° 20, (1990), 11 - 17.
59. Mitchell, D.J., Kannwisher and Mitchel, M.E., "*Phytophthora spp*" In "Methods for research on soil born phytopathogenic fungi", Singleton I.I, ASP Press, (1992), 265p.
60. Jepson, S.B., "Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species)", CAB International, Wallingford, UK, (1987), 101 - 110.
61. Adam.D., Clerc.H, Dubois. M., Erard. P., Izard.D., Mention. J.P., Odet.J, Poissonier.J, Pommier.J.J, Roos.J.R, Taussing.C et Trottin-Caudal.Y., "Désinfection chimique en cultures légumières. Ou en est on sur la maîtrise des maladies et ravageurs du sol", *infos. Ctifl*, n° 213, (2005), 44 - 49.
62. Blanchard, C., "Développement de la lutte intégrée pour la culture de l'échalote en Anjou, essai de lutte microbiologique contre la fusariose", *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur des travaux agricoles de l'ENESAD*, (2000), 132p.
63. Wilhem, S., "Longevity of the *Verticillium* wilt fungus in laboratory and field", *Phytopathology*, n° 45, (1995) ,180 -181.
64. Monnet, Y. et Reverchon, S., "Rotation et maladies telluriques. Agriculture raisonnée", *Le Maraîcher, Protection des cultures*, n°33, (2001), 10 -106.

65. Arnold - Gaulhiac, M., "Communiqué de Presse : La maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate, grave virose due au TYLCV, est détectée dans les Bouches-du Rhône", Serv. Région, Protection des Végétaux, Provence- Alpes, Côte d'Azur, (2002), 5p
66. Byrne, D.N. and Bellows, J.R.T.S. "Whiteflies agricultural system ", In "Whiteflies; their Bionomics", Pest, Status and Management. (1990), 227 - 262.
67. Ryckewaert, P. et Fabre, F., "Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères à la Réunion", CIRAD-3P. Food and Agricultural Research Council, (2001), 99 -103.
68. El Akel, M., Chouibani, M et Kaack, H., «Protection intégrée en culture de tomate sous serre», DPVCTRP.GTZ. MADREF, Maroc, (2001), 65 p.
69. Hadar, D et Meteor, R.D., "Filets Anti-Insectes pour la protection des cultures", (1999), 5p.
70. Bahij, L., "Biologie et écologie des aleurodes des cultures maraîchères sous serre à Douiet", Mémoire de 3^{ème} cycle. ENA, (1995), 79p.
71. Maignet, P., "Modalités du contrôle biologique de *Bemisia tabaci* (Grenadius, 1889) (Homoptera, Aleyrodidae) à l'aide de parasitoïdes (Hymenoptera, Aphelinidae)", Thèse.Ph.D. Université de Paris Sud, UFR Scientifique d'Orsay, (1995) ,130p.
72. Dipietro, J.P., "Contribution à l'étude d'une méthodologie de lutte biologique contre l'aleurode des serres, *Trialeurodes vaporarum* Westwood (Homoptera : Aleyrodidae)", Thèse. Ph.D., Paul Sabatier Université, Toulouse, France, (1977), 117p.
73. Powel, D.A and Bellows, T.S.Jr., "Adult longevity, fertility and population growth rates for *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom. Aleyrodidae) on two host plant species", Journal Appl. Entomol, n° 113, (1992), 68 -78.
74. Rabasse, J.M., "Remarques sur les populations de pucerons en serre» In « Les pucerons des cultures ", Journées d'étude et d'information, ACTA, Paris, (1981), 319 -321.
75. Ryckewaert, Ph., "Les acariens. Programme Régional de Protection des Végétaux dans l'océan Indien", PRPV. Réunion, (2006), 1-3.
76. Zitter, Y.A. and Tsal, J.H., "Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Dipt. Agromyzidae)", Plant, Disease, Rep, n° 61, (1977), 1025 - 1029.
77. Ledieu, M.S and Helyer, N.L., "Effect of tomato leafminer on yield of tomatoes", Annu. Rep. GCRI, Littlehampton, (1982), 106p.
78. Wyatt, J.J., Ledieu, M.S., Stacey, D.L and White, P.F., "Crop loss due to pests", Annu. Rep. GCRI. Littlehampton, (1984), 88-

79. Johson, M.W., Welter, S.C., Toscano, N.C., Ting, I.P and Trumble, J.T., "Réduction of tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Dipt. Agromizidae)", Journal, Econ, Entomol, n°76, (1983), 1061-1063.
80. Villevieille, M., "Bilan annuel phytosanitaire des cultures légumières en serre en Provence-Alpes.Côte d'Azur", Rapport DRAF SRPV PACA, (1987), 10p.
81. "Ennemis communs aux cultures légumières en AB. Fiche 2. : Ravageurs communs", Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures, Maraîchage, (2003), 1- 4.
82. Ryckewaert, P., "Les aleurodes des cultures maraîchères. Programme Régional de Protection des Végétaux dans l'océan Indien", PRPV. Réunion, (2007), 1- 4.
83. Duval, J., "Les thrips des cultures en serre", Ecological Agriculture Projects, AGRO –BIO -360-03, Canada, (1993), 101-105.
84. Torres J.B., Evangelista, W.S., Barras, J.R and Guedes R.N.C., "Dispersal of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatimodae) nymphs preying on tomato leaf miner, Effect of predator release time, density and situation level", Journal, Appl, Ent, n°126, (2002), 326 -332.
85. Povolny, D., "On three neotropical species of Gnorimoschemin (Lepidoptera: Gelechiidae) mining Solanaceae", ACTA, Universalis Agriculturae, n° 23, (1975), 279 – 393.
86. OEPP/EPPO., "*Tuta absoluta*, Fiches informatives sur les organismes de quarantaine", Bulletin n°35, (2005), 434 - 435.
87. Guenaoui, Y., "Nouveau ravageur de la tomate en Algérie. Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008", Phytoma, Défense des Végétaux, n° 617 (Juillet - Août, 2008), 18 -19.
88. Urbaneja, A., Vercher, R., Navarro, V., Garcia Mari, F et Porcuna, JL., "La polilla de la tomate, *Tuta absoluta*", Phytoma, Espana, n° 194, (Décembre 2007) ,16-23.
89. Notz, A., "Distribution of eggs and larvae of *Scobipalpula absoluta* in potato plants", Revista de la Facultad de Agronomia (Maracay), n° 18, (1992), 425 - 432.
90. EPPO., "European and Mediterranean Plant Protection Organisation. Distribution Maps of quarantine Pests for Europ: *Tuta absoluta*", [Http://www.appo.org/quarantine/insects/Tutaabsoluta/DSGNORAB_Map.htm](http://www.appo.org/quarantine/insects/Tutaabsoluta/DSGNORAB_Map.htm):1-2. 2007.

91. "*Tuta absoluta*, Fiches informatives sur les organismes de quarantaine». OEPP/EPPO. Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes", Bulletin, n° 35, (2005), 434-435.
92. EPPO/EPPO., "Reporting Service, Pests and Diseases", SP, (2008).
93. Barrientos, Z.R., Apablaza, HJ., Norero, S.A and Esty, P.P., "Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae)", *Science, Investigacion, Agraria*, n° 25, (1998), 133 – 137.
94. Estay, L., "Durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte" In "Tomate, traquer *Tuta absoluta*. Suivi de 6 exploitations de production de tomate, pour savoir ou comment chercher pour trouver *Tuta absoluta* et tester un prédateur", *Phytoma, La Défense des Végétaux*, n° 632, (Mars 2010), 40 - 44
95. Margarida et Vieira.M., "Mineira do toateiro une nova ameaça a produção de tomate». Seminario International do tomate de industria, Mora, 23 de Fevereiro de 2008 "In "epppo.org/eppor reporting/2008/ Rsf 0801.pdf, (2008).
96. Marcano, R., "Minador Pequeno de la hoja del tomate; Palomilla pequena, Minador de tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) 1917" In "La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera; Gelechiidae)", INRA, Algérie, (2008), 16p.
97. Berkani, A., "La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera; Gelechiidae)", INRA, Algérie, (2008), 16p.
98. Lacordaire. A-I et Feuvrier, E., "Tomate, traquer. *Tuta absoluta*. Suivi de 6 exploitations de production de tomate, pour savoir ou comment chercher pour trouver *Tuta absoluta* et tester un prédateur", *Phytoma , Défense des Végétaux*, n° 632 , (Mars 2010), 40 - 44
99. Touzeau, J., "Les avertissements agricoles, principes et évolution", *B.T.I.* n° 382, (1983), 569 – 578.
100. Primault, B., "Utilisation en temps réel des relevés du système automatique suisse d'acquisition de données météorologiques dans la lutte contre le mildiou de la pomme de terre", *Bull, O.E.P.P*, n° 13, (1983), 37-38.
101. Elmhirst, J., "Profil de la culture des tomates de serre au Canada. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Centre pour la lutte antiparasitaire", *Agriculture et Agroalimentaire, Canada*, (2006), 50 p.
102. Rouzet, L., "Utilisation de modèles de prévision du risque dans le cadre du conseil phytosanitaire. Bilan et Perspectives", *CR 3^{ème} conférence Internationale AFPP sur les moyens alternatifs de protection des cultures.* Lille, France, (2006).

103. Lagier, J., Henry, B., Reich, P et Baille, A., "Gestion du climat sous serre. Serriste, système d'aide à la decision", Culture légumière, n° 29, (1995), 21-24.
104. Trottin - Caudal, Y., "Prophylaxie et méthodes culturales ", CR 3^{ème} Conférence Internationale. AFPP sur les moyens alternatifs de protection des cultures, Lille, France, (2006).
105. Wacquand, C., Zuang, H., Baille, A., Dimoulin, J et Trapateau, M., "Maîtrise de la conduite climatique. Tomate sous serre et abris en sol et hors sol ", Ctifl, Paris, France, (1995), 127p.
106. Rapilly, F., "L'épidémiologie en pathologie végétale. Mycoses aériennes ", INRA, Versailles, (1991), 317p.
107. Elattir.H., Skiredj. A., "La tomate, L'aubergine, le poivron, le gambo", Transfert de Technologie en Agriculture, MADDER/ DERD, Maroc, Bulletin, n°100, (2003), 1- 4.
108. Louchen, A., Dahmani, A., Chaghi, A et Bouhidel, A., "Etude et réalisation d'un système pilote pour serre agricole", Rapport de recherche, Université de Batna, (2006).10p.
109. "Tomate sous serre", Fiche technique, Transfert de Technologie, En Agriculture, n° 57, MADRPM/ DERD, (1999), 5p.
110. Louvet, J., "Les maladies des plantes. Modes de développement et méthodes de lutte", I. N.R.A, France, (1971), 11p.
111. Ullrich, J. and Leach, C.M., "Light induced sporulation and sporogenic substances in Fungi", Phytopathology, n° 59, (1969), 1077-1083.
112. Rotem, J., Cohen, Y and Putter, J., "Relativity of limiting and optimum inoculum loads, wetting durations and temperatures for infection by *Phytophthora infestans*", Phytopathology, n° 61, (1971), 275-278.
113. Van Everdingen, E., "The dutch warning service for out breaks of potato blight", Report to the 5th Pacific Science Congress, (1933), 1757 - 1759.
114. Diop Bruckler, M., "Développement de *Leveillula taurica* en fonction des facteurs climatiques et sensibilité de *Capsicum annum* à différents cycles végétatifs", Journal Phytopathology, n° 126, (1989), 104-144.
115. Perrier, A., "Variations du microclimat d'une culture en fonction de ces caractéristiques biologiques", Bull. O.E.P.P. n° 9, (1979) ,187-204.
116. Kijosawa, S., "Genetics and epidemiological modelling of breakdown of plant disease resistance", Ann, Rev, Phytopathology, n° 20, (1982), 93-117.

117. Deguine, J.P et Ferron, P., "Gestion agro écologique des populations d'insectes piqueurs suceurs en culture cotonnière" In "Enjeux Phytosanitaires pour l'Agriculture et l'Environnement", Lavoisier, (2005), 1013p.
118. Baire, S., Amirouche, F et Kestali, T., "Principaux désordres physiologiques, maladies et ravageurs présents en Algérie. Les tomates", Projet de coopération algéro-belge intitulé "Production et Protection Intégrée des cultures sous abris", APEFE et ITCMI, (2010), 64p.
119. Trottin-Caudal, Y., Capy, A. Fournier, C et Leyre, JM., "L'abri aussi. Protection Intégrée", Fruits et Légumes, n° 181, (2000), 1-4.
120. Woets. J and Van Lenteren., J.C., "The parasite- host relationship between *Encarsia formosa* (Hym. Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrididae). The influence of the host plant on the greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*", Bull, OILB/ SROP 4, (1976), 151-164.
121. Trottin-Caudal. Y., Grasselly. D et Millot.P., "Maîtrise de la protection sanitaire. Tomate sous serre et abris", Ctifl, France, (1995), 174p.
122. Lublinkof. I. and Foster.D.E., "Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* (Thsanoptera: Thripidae) reared at three temperatures", Kansas, Entomo, Soc, n° 50(3), (1977), 313-316.
123. Monserrat, D., "Risque d'attaque en fonction du nombre de mâles capturés /piège /semaine».In. « Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick. Bases de mise en oeuvre de l'IPM (lutte intégrée) en Algérie", Projet FAO, (TPC/ALG/3202) AVIA, Unitead de Entomologia, Espagne, (2009).
124. Urbaneja, A., "Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick. Bases de mise en oeuvre de l'IPM (lutte intégrée) en Algérie", Projet FAO (TPC/ALG/3202) AVIA.Unitead de Entomologia, .Espagne, (2009).
125. Sylva. GL., Lee, I.S and Kinghorn, AD., "Special problems with the extraction of plants", (1998), 343-363.