

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

ANNEE 2012

N° 158



Contribution à l'étude de la maladie virale du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), causée par le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV), dans la zone maraîchère des Niayes de Dakar

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 28 Décembre 2012 pour l'obtention du

Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles

Par

Dr Mouhameth CAMARA

Maître-assistant au Département de Productions Végétales de l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale de Bambey (ISFAR), Université de Thiès

MEMBRES DU JURY :

Président:

M. Cheikh Saad Bouh BOYE, Professeur titulaire, Université de Thiès

Membres:

M. Kandoura NOBA, Professeur titulaire, UCAD, Directeur de thèse

M. Christian CILAS, Chercheur, CIRAD, Montpellier, Rapporteur

M. Oumar TRAORE, Directeur de recherches, INERA, Ouagadougou, Rapporteur

M. Samba Ndao SYLLA, Professeur titulaire, UCAD

M. Cheikh Tidiane BA, Professeur titulaire, UCAD

M. Abdou Aziz MBAYE, Chercheur, CDH/ISRA

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

ANNEE 2012

N° 158



Contribution à l'étude de la maladie virale du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), causée par le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV), dans la zone maraîchère des Niayes de Dakar

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 28 Décembre 2012 pour l'obtention du

Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles

Par

Dr Mouhameth CAMARA

Maître-assistant au Département de Productions Végétales de l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale de Bambey (ISFAR), Université de Thiès

MEMBRES DU JURY :

Président:

M. Cheikh Saad Bouh BOYE, Professeur titulaire, Université de Thiès

Membres:

M. Kandoura NOBA, Professeur titulaire, UCAD, Directeur de thèse

M. Christian CILAS, Chercheur, CIRAD, Montpellier, Rapporteur

M. Oumar TRAORE, Directeur de recherches, INERA, Ouagadougou, Rapporteur

M. Samba Ndao SYLLA, Professeur titulaire, UCAD

M. Cheikh Tidiane BA, Professeur titulaire, UCAD

M. Abdou Aziz MBAYE, Chercheur, CDH/ISRA

Dédicaces

Au nom de DIEU le Clément le Miséricordieux

Paix et Salut sur son Prophète Mouhammad

Je dédie ce modeste travail

A mes défunts parents pour leur
tendresse et leur dévouement à ma cause

A ma défunte tante Maryam Bouna KOUNTA

A mon défunt Cousin Abdou Khadre DIAGNE

A ma défunte cousine et amie Fatou DIAGNE

Qui ont guidé mes premiers pas, m'ont amené à l'école et
conduit mes études jusqu'à ma réussite.

A mes chères épouses Oumou, Wakha et Astou,
et à mes chers enfants pour leur amour et
leur compréhension indéfectibles.

A mes frères, sœurs et autres membres
de ma grande famille.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à
ma formation depuis mon jeune âge.

A tous mes amis

Avant-propos

AVANT-PROPOS

L'aboutissement de ce modeste travail, réalisé dans le cadre de ma thèse d'Etat, je le dois au concours sans faille de nombreuses personnes. Qu'il me soit permis de leur exprimer toute ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier tout d'abord le Professeur Pape Ibra SAMB, ancien Recteur de l'Université de Thiès pour avoir initié ce travail en lui accordant un intérêt exceptionnel.

Je remercie particulièrement le Professeur Cheikh Saad Bouh BOYE, Recteur de l'Université de Thiès d'avoir accepté spontanément de présider mon jury de thèse malgré ses multiples occupations, mais également pour avoir tout fait pour la tenue de cette soutenance.

Je suis très reconnaissant au Professeur Serigne NDIAYE, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, pour son soutien moral et matériel, mais aussi pour sa diligence et sa disponibilité à chaque fois que je le sollicite.

Je suis particulièrement heureux et même très ému de pouvoir remercier le Professeur Kandiora NOBA du laboratoire de Botanique-Biodiversité et Malherbologie du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, d'avoir accepté d'être le Directeur de cette thèse, pour ses enseignements, sa disponibilité et sa rigueur scientifique.

Mes remerciements les plus chaleureux et ma profonde reconnaissance vont également à l'endroit du Professeur titulaire au Département de Biologie Végétale, Samba Ndao SYLLA et du Professeur titulaire Cheikh Tidiane BA, Chef du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, d'avoir accepté de participer à ce jury malgré leurs nombreuses occupations, mais aussi pour leur rigueur scientifique.

J'exprime toute ma gratitude au Docteur Christian CILAS, Directeur de l'UR 106, (Campus de La Valette), CIRAD/Montpellier, pour m'avoir toujours accueilli dans son laboratoire avec beaucoup de disponibilité, mais également pour avoir accepté d'être le rapporteur de cette thèse malgré un calendrier très chargé. A travers lui j'exprime tous mes remerciements au Docteur Michel PETERSCHMITT, virologue au Campus International de Baillarguet/Montpellier et à ses collaborateurs Martine GRANIER et CICA Urbino pour la réalisation de la caractérisation moléculaire du virus du *TYLC* dans leur laboratoire, mais aussi pour leurs hautes qualités scientifiques. J'associe à mes remerciements Monsieur Jean-Claude STREITO, chef de l'Unité entomologie et plantes invasives au Campus International de Baillarguet/Montpellier, et à ses collaborateurs pour m'avoir aidé dans la caractérisation morphologique du vecteur du *TYLCV*, également pour leur diligence.

Je témoigne un sentiment particulier de reconnaissance au Docteur Oumar TRAORE, Directeur de recherches (CAMES), Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, INERA, Ouagadougou, pour avoir accepté spontanément d'être le rapporteur de

cette thèse. Je l'ai rencontré pour la première fois à Montpellier au laboratoire de Virologie de l'IRD et il m'a beaucoup appris.

J'adresse une mention spéciale au Docteur Abdou Aziz MBAYE, virologue, Laboratoire de Phytopathologie du CDH/ISRA de Cambérène pour avoir co-dirigé cette thèse avec abnégation et dévouement, mais aussi pour sa disponibilité et sa rigueur scientifique. Depuis mon DEA en 1992, j'ai travaillé avec Docteur MBAYE et j'ai beaucoup appris de lui. A travers lui j'exprime tous mes remerciements à ses collaborateurs: Samba DIAO, Mbayang SAMB, Lansana DIEDHIOU, Papa Demba KANE, Dieynaba Sy SALL sans oublier personne.

Mes remerciements vont également aux autorités de l'ISRA, notamment aux différents directeurs du CDH qui se sont succédé, pour m'avoir permis de conduire mes expérimentations dans leurs stations de recherches. J'exprime toute ma gratitude au Docteur Macoumba DIOUF, actuel Directeur Général de l'ISRA et au Docteur Emile Victor COLY, actuel Directeur du CDH de Cambérène, sans oublier sa très gentille secrétaire Madame SOW.

Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans l'appui financier de l'USAID et la collaboration technique de l'AVRDC et de l'ISRA/CDH. Que ces institutions veuillent bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

J'exprime mes très sincères remerciements au Docteur Ahmed Tidiane DIALLO, ancien Directeur de l'ISFAR pour toute la considération qu'il a toujours portée à ma modeste personne, au Docteur Abdoulaye DRAME, pour son appui moral et matériel, au Docteur Saliou NDIAYE, enseignant-chercheur à l'ENSA, pour ses conseils, au Docteur Abdoulaye FAYE, pour sa disponibilité sans faille, à Monsieur Ndiaga DIAGNE, Chef des Services Administratifs pour avoir déjà beaucoup fait pour moi et à mes autres collègues Ibrahima MBODJ, Saliou DIOUF, Abdoukhadre FALL, Fily DEMBELE, Michel DIATTA, Babacar FAYE, Kalidou B. BA, Pape Sher DIOP, Jérôme TINE, Birahim FALL, Mor SECK, Saliou BOB, Ousmane KANE, Amsatou THIAM, Dr. Elhadj FAYE, Sadibou SOW, Cheikh NDIAYE et Dr. Saliou DIANGAR pour leur franche collaboration et leur dévouement à ma cause. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont également à l'endroit du personnel administratif, technique et de service avec une mention spéciale à Madame Marie GUISSSE, Secrétaire de direction, Madame Ndèye Faly Cisse et Madame TRAORE toutes deux secrétaires, Messieurs Mbaye Ndiaye et Mbaye Gueye POUYE de la scolarité, sans oublier Monsieur Ousseynou BEYE, bibliothécaire et Monsieur Ibrahima FALL, comptable. Je remercie également tous les chauffeurs et autres corps de métier.

Je remercie du fond du cœur tous mes collègues et amis du C.E.M Ibrahima THIAW qui n'ont jamais cessé de m'encourager à terminer ce travail.

A mes amis d'enfance Pr Boubacar WADE, Dr Aliou MBENGUE, Dr Sidy FALL, Moussa KONATE et Ibrahima DIOUF, je vous renouvelle mes plus sincères amitiés.

A mes collègues Aboubakry KANE et Mame Samba MBAYE du laboratoire de Botanique-Biodiversité et Malherbologie, je vous souhaite plein succès dans votre vie professionnelle.

A Messieurs Cheikh MBOW, Hyacinthe SAMBOU et Ernest DIONE, je vous renouvelle toute ma reconnaissance.

A Monsieur Aïnina CISSE, Pharmacien-biologiste, enseignant-chercheur à la Faculté de Pharmacie de l'UCAD, je vous adresse mes très sincères remerciements pour tout l'intérêt que vous n'avez cessé de porter à cette thèse.

A tous les fidèles de la mosquée que je dirige, je vous adresse toute ma gratitude et sollicite vos prières.

Je termine en priant pour le Professeur Mouhamadou Lamine THIAM qui fut mon Directeur de thèse de 3^{ème} cycle, pour ses enseignements, sa disponibilité et sa rigueur scientifique, afin que le Bon Dieu lui accorde une longue vie. Je sollicite toujours ses prières.

Sommaire

SOMMAIRE

DEDICACES	
AVANT-PROPOS	
SIGLES ET ABREVIATIONS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES ANNEXES	
RESUME	
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
I.1. L'HOTE : LA TOMATE	5
I.1.1 Historique	5
I.1.2. Présentation botanique	5
I.1.2.1. La floraison	6
I.1.2.2. Les types de croissance	8
I.1.2.3. Les types de variétés	9
I.1.3. Exigences de la plante	10
I.1.3.1. Les exigences climatiques.	10
1.3.1.1. La température	10
I.1.3.1.2. Le photopériodisme	11
I.1.3.2. Les exigences édaphiques	11
I.1.3.3. Les besoins en eau de la plante	12
I.1.3.4. La fertilisation	12

I.1.4. Consommation et production de tomate	14
I.1.5. Maladies et ravageurs	16
I.1.5.1. Les maladies cryptogamiques et les méthodes de contrôle	16
I.1.5.1.1. L'alternariose	17
I.1.5.1.2. Le mildiou	17
I.1.5.1.3. La maladie fauve	17
I.1.5.1.4. La fusariose vasculaire	17
I.1.5.1.5. L'oïdium ou « blanc »	17
I.1.5.1.6. La stemphyliose	17
I.1.5.1.7. La rhizoctoniose	17
I.1.5.2. Les maladies bactériennes :	18
I.1.5.2.1. Le flétrissement bactérien	18
I.1.5.2.2. Les autres maladies bactériennes	18
I.1.5.3. Les maladies physiologiques	18
I.1.5.4. Autres maladies	19
I.1.5.5. Les maladies virales	19
I.1.5.5.1 <i>Le Tomato Spotted Wild Virus</i>	19
I.1.5.5.2. <i>Le Tomato Yellow Leaf Curl (TYLC)</i>	19
I.2. LE VECTEUR DU TYLC: LA MOUCHE BLANCHE	21
I.2.1. Généralités	21
I.2.2. Morphologie et biologie	22
I.2.2.1. Le stade œuf	22

I.2.2.2. Le stade larvaire	22
I.2.2.3. Le stade adulte	23
I.2.3. Ecologie	24
I.2.4. Epidémiologie	25
I.2.5. Dégâts	25
I.2.6. Moyens de lutte	26
I.3. L'AGENT PATHOGENE: <i>LE TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS</i>	27
I.3.1. Historique et extension de la maladie	28
I.3.2. Symptômes de la maladie	28
I.3.3. Agent pathogène	29
I.3.4. Méthodes de lutte	29
I.3.5. Biologie moléculaire du <i>TYLCV</i>	30
I.4. LES BIO PESTICIDES	34
I.4.1. Généralités	34
I.4.2. Différents types de bio pesticides :	34
I.4.2.1. Les insecticides et les insectifuges d'origine botanique	34
I.4.2.2. Les fongicides	35
I.4.2.3. Les acaricides	35
I.4.2.4. Les rodenticides et les rodentifuges	35

I.4.2.5. Contre les termites	35
I.4.2.6. Les nématocides	35
I.4.2.7. Les limacides	35
I.4.2.8. Les bactéricides	35
I.4.3. Substances actives des bio pesticides	36
CHAPITRE II : PRESENTATION DU SITE, MATERIEL ET METHODES	38
II.1. PRESENTATION DU SITE	38
II.1.1. Caractéristiques agro climatiques du site	38
II.1.2. Contexte pédologique du site	38
II.2. MATERIEL ET METHODES	40
II.2.1. Evaluation du comportement de 38 variétés de tomates d'origines diverses vis-à-vis du TYLC	40
II.2.2. Evaluation du comportement de 41 variétés de tomates d'origines diverses vis-à-vis du TYLC	43
II.2.3. Confirmation de la résistance de 12 variétés de tomates issues du screening des variétés	43
II.2.4. Comparaison des performances obtenues en station et en milieu réel	45
II.2.5. Pour l'essai préliminaire sur les substances naturelles	45
II.2.6. Essai randomisé utilisant les 4 substances naturelles	46

II.2.7. Identification moléculaire du virus infectant les feuilles de tomate provenant du site d'expérimentation	47
II.2.8. Identification morphologique du vecteur	48
II.2.8.1. Echantillonnage des <i>puparia</i> et adultes de la mouche blanche	48
II.2.8.2. Préparation et montage microscopique permanent des spécimens	49
II.2.8.3. Caractéristiques morphologiques d'identification des <i>puparia</i>	51
II.2.8.4. Processus d'identification et application de la partie B de la méthode officielle	51
II.2.9. Collecte des données: observations et mesures	52
II.2.10. Analyse statistique	55
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	58
III.1 : CRIBLAGE DE 38 VARIETES DE TOMATE POUR LA RESISTANCE AU TYLCV	58
III.1.1 : Analyse des résultats	58
III.1.1.1 : L'incidence de la maladie	59
III.1.1.2 : La sévérité de la maladie	60
III.1.1.3 : Les rendements	62
III.1.2 : Discussion	65
III.2 : CRIBLAGE DE 41 VARIETES DE TOMATE POUR LA RESISTANCE AU TYLCV	68
III.2.1 : Analyse des résultats	68
III.2.1.1 : L'incidence de la maladie	69
III.2.1.2 : La sévérité de la maladie	70
III.2.1.3 : Les rendements	72
III.2.2 : Discussions	74

III.3 : CRIBLAGE DE 12 VARIETES DE TOMATE ISSUES DE L'ESSAI PRELIMINAIRE	77
III.3.1 : Analyse des résultats	77
III.3.2 : Discussion générale	84
III.4. ESSAI PRELIMINAIRE SUR LA PROTECTION INTEGREE DU TYLC PAR L'UTILISATION DE SUBSTANCES NATURELLES.	87
III.4.1. Analyse des résultats	87
III.4.1.1. Effets des différents traitements sur l'incidence du <i>TYLC</i>	89
III.4.1.2. Effets des différents traitements sur la sévérité du <i>TYLC</i>	89
III.4.1.3. Effets des traitements sur la relation incidence/sévérité	90
III.4.1.4. Effets des différents traitements sur les maladies et autres nuisibles de la tomate	91
III.4.1.5. La relation présence de mouche la blanche/sévérité du <i>TYLC</i>	92
III.4.1.6. Les rendements	92
III. 4.2. Discussions	94
III. 5. ESSAI AVANCE SUR LA PROTECTION INTEGREE DU TYLC PAR L'UTILISATION DE SUBSTANCES NATURELLES.	97
III.5. 1. Analyse des résultats	97
III. 5. 1. 1 L'incidence de la maladie en fonction des traitements	98
III. 5. 1. 2. La sévérité de la maladie en fonction des traitements	100
III. 5. 1. 3. La mouche blanche	100
III. 5. 1. 4. <i>Heliothis armigera</i>	101
III. 5. 1. 5. La mouche mineuse	102
III. 5. 1. 6. Les rendements	103
III. 5. 2. Discussion générale	104
III. 6. EVALUATION EN CHAMP ET EN STATION DE VARIETES DE TOMATES RESISTANTES AU TYLCV	106
III. 6. 1. Résultats	106
III. 6. 1. 1. L' incidence du TYLC	107

III. 6. 1. 2. La sévérité du TYLC	108
III. 6. 1. 3. L'alternariose	108
III. 6. 1. 4. Les rendements	109
III. 6. 2. Discussion générale	111
III.7 : CARACTERISATION MOLECULAIRE DE L'ESPECE VIRALE INFECTANT LES VARIETES DE TOMATE CRIBLEES POUR LEUR RESISTANCE AU TYLC.	115
III. 7. 1. Résultats	115
III. 7. 2. Discussion et conclusion	119
III.8: CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE DU VECTEUR	120
III.8.1. Résultats	120
III.8.1.1. Identification à partir des adultes	120
III.8.1. 2. Identification à partir des <i>puparia</i>	120
III.8.2. Discussions et conclusion	123
CONCLUSIONS GENERALES	124
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	129

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

RADHORT : Réseau Africain pour le Développement de l'Horticulture

TYLC : Tomato Yellow Leaf Curl

TYLCV : Tomato Yellow Leaf Curl Virus

TYLCMLV: Tomato Yellow Leaf Curl Mali Virus

CDH: Centre pour le développement de l'horticulture

PH: Potential hydrogène

TSWV: Tomate Spotted Wild Virus

USA : United States of America

INRA : Institut National de Recherches Agronomiques

ISFAR : Institut Supérieur de formation Agricole et Rurale

ADN : Acide Désoxyribo Nucleique

N : Azote

K : Potassium

SOCAS : Société des Conserveries Alimentaires du Sénégal

SNTI : Société Nationale de tomate Industrielle

TYLCV-IL : Tomato Yellow Leaf Curl Virus espece Israélienne

TYLCV – SAR: Tomato Yellow Leaf Curl Virus espèce Sarde

TROPICASEM: Semences Tropicales

DAS – ELISA : Double Antibody Sandwich - ELISA

PCR : Protein Chain Reaction

TAS-ELISA : Triple Antibody Sandwich – ELISA

ELISA : enzyme Linked Immunosorbent Assay

TYLCTHV: Tomato Yellow Leaf Curl Thailand Virus

USD : United States Dollar

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

T/ha : Tonne par hectare

DPV : Direction de la Protection des Végétaux

Rendts : Rendements

CA : Commune d'Arrondissement

CR : Communauté Rurale

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de tomate	9
Tableau 2 : Adaptations et exigences climatiques de la tomate	12
Tableau 3 : Symptômes de carences en éléments mineurs	14
Tableau 4a : Evolution de la production de légumes	15
Tableau 4b : Symptômes et méthodes de lutte de quelques maladies cryptogamiques, bactériennes et virales	20
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des différentes variables mesurées	58
Tableau 6 : Taux d'incidence à différentes dates d'observation (Annexe IV)	
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des variables mesurées	68
Tableau 8 : Moyennes des variables mesurées en fonction des variétés	78
Tableau 9 : Résultats de l'essai préliminaire sur l'efficacité des substances naturelles sur le <i>TYLC</i> et sur quelques nuisibles de la tomate	88
Tableau 10 : Effets des traitements sur la qualité des rendements	93
Tableau 11 : Tableau récapitulatif des variables mesurées	97
Tableau 12 : Comparaison des moyennes	98
Tableau 13 : Résultats des variables mesurées en station et en milieu paysan, chez les variétés issues du criblage des 41 variétés de tomate	106
Tableau 14 : Résultats des variables mesurées en station et en milieu paysan chez les Variétés issues du criblage des 38 variétés de tomate	106
Tableau 15 : Matrice présentant les pourcentages d'identité entre différents bégomovirus isolés au Sénégal, dans une région de 536 nucléotides du gène de la protéine de capsid	118
Tableau 16 : Résultats d'observation d'aleurodes sur feuilles de tomates atteintes de <i>TYLC</i>	120

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1a : Quelques stades phénologiques de la tomate	7
Figure 1b : Cycle de développement de <i>Bemisia tabaci</i>	24
Figure 1c : Cycle d'acquisition et de dispersion du TYLCV par <i>Bemisia tabaci</i>	24
Figure 1d : Station de recherche ISRA - CDH de Sangalkam dans la région de Dakar	39
Figure 1e : Schéma du processus de préparation et montage permanent de puparia pâles et des exuvies vides	49
Figure 1f : Schéma du processus de préparation et montage permanent de puparia bruns ou foncés et des exuvies vides	50
Figure 2a : Caractères morphologiques utilisés pour la description d'un puparium d'aleurode	52
Figure 2b : Evolution de l'incidence en fonction des dates d'observation chez les 7 variétés	60
Figure 3 : Relation incidence/sévérité en fonction des variétés	61
Figure 4 : Relation incidence/sévérité en fonction des variétés	62
Figure 5 : Rendements en T/ha en fonction des variétés dont l'incidence est nulle	63
Figure 6 : Rendements en fonction des variétés à incidence inférieure à 50%	64
Figure 7 : Rendements en fonction des variétés à incidence supérieure à 50%	65
Figure 8 : Evolution de l'incidence en fonction des dates d'observation chez les 9 géotypes	70
Figure 9 : Rapport incidence / sévérité en fonction des géotypes	71
Figure 10 : Rapport incidence / sévérité en fonction des géotypes	71
Figure 11 : Rapport incidence / sévérité en fonction des géotypes	72
Figure 12 : Rendements en T/ha en fonction des géotypes	73
Figure 13 : Rendements en T/ha en fonction des géotypes	73
Figure 14 : Rapport poids moyen, longueur moyenne et diamètre moyen d'un fruit en fonction des variétés	81
Figure 14 bis : Poids moyen d'un fruit en fonction du diamètre moyen	82
Figure 15 : Rendements en fonction des variétés	83
Figure 16 : Incidence du TYLC (%) en fonction des traitements	89

Figure 17 : Sévérité du TYLC en fonction des traitements	90
Figure 18 : Relation incidence / sévérité en fonction des traitements	90
Figure 19 : Relation présence de la mouche blanche / sévérité du TYLC	92
Figure 20 : Poids des fruits consommables et non consommables en fonction des traitements	94
Figure 21 : Incidence du TYLC en fonction des traitements	98
Figure 22 : Sévérité du TYLC en fonction des traitements	100
Figure 23 : Nombre de mouches blanches en fonction des traitements	101
Figure 24 : Nombre de feuilles attaquées par <i>Heliothis</i>	102
Figure 25 : Nombre de feuilles attaquées par la mouche mineuse en fonction des traitements	103
Figure 26 : Rendements (T/ha) en fonction des traitements	103
Figure 27 : Degré d'alternariose en station et en milieu paysan en fonction des variétés	115
Figure 28 : Degré d'alternariose en station et en milieu paysan en fonction des variétés	109
Figure 29 : Rendements en station et en milieu paysan en fonction des variétés	110
Figure 30 : Rendements en station et en milieu paysan en fonction des variétés	111
Figure 31 : Analyse des produits d'amplification PCR sur gel d'agarose de 15% préparé dans du tampon TAE	115
Figure 32 : Séquence d'un fragment de 582 Pb dans le gène de la protéine de capsid d'un isolat de begomovirus de tomate de Dakar	116
Figure 33 : Arbre de type Neighbour Joining montrant des distances génétiques (Jukes et Cantor) détecté entre différents bégomovirus isolés au Sénégal, dans une région de 536 nucléotides du gène de la capsid.	118
Figure 34 : Répartition des espèces de mouches blanches en fonction des dates d'échantillonnage	121
Figure 35 : Densité foliolaire des mouches blanches en fonction de la date d'échantillonnage	121
Figure 36 : <i>Puparia</i> de <i>Bemisia tabaci</i> GX300	122

LISTE DES ANNEXES

Annexe I: Liste des 38 variétés de tomate

Annexe II : Liste des 41 variétés de tomate

Annexe III : Origine des 12 variétés de tomate

Annexe IV : tableau 6, taux d'incidence de la maladie

Annexe IV bis : Prédications et résidus

Annexe V : Nombre de mouches blanches

Annexe VI : Nombre de feuilles attaquées par *Heliothis*

Annexe VII: Etude de variance sur le poids des fruits commercialisables

Annexe VIII : Etude de variance sur le poids des fruits non commercialisables

RESUME

La tomate est un légume très important dans le maraîchage sénégalais où elle occupe la seconde place après l'oignon. Malgré son importance, sa production et sa productivité sont limitées par de nombreux facteurs dont une maladie virale, le *Tomato Yellow Leaf Curl* (TYLC), qui provoque l'enroulement et le jaunissement des feuilles et dont le vecteur est la mouche blanche, *Bemisia tabaci*. Des essais ont été menés à Sangalkam, dans la zone des *Niayes* du Sénégal, en station et en milieu paysan, pour identifier et évaluer des variétés de tomate résistantes ou tolérantes à la maladie, par criblages de 79 entrées de tomate d'origines diverses, trouver une protection par des bio pesticides issus d'extraits végétaux, et caractériser la souche virale infectante et le vecteur. Le dispositif utilisé est un bloc complètement randomisé avec trois répétitions. Pour l'identification moléculaire de la souche infectante, une séquence, obtenue par amplification PCR à l'aide d'amorces complémentaires du gène de la protéine de capsid de Begomovirus, a été comparée à celle de Begomovirus isolé au Mali, le *Tomato leaf curl Mali virus* (TLCMLV, AY502936) et à deux isolats de Begomovirus prélevés précédemment au Sénégal (AF058028, AF058029). Nos résultats ont montré que toutes les variétés prometteuses, issues de l'essai préliminaire, ont confirmé leur résistance au TYLCV. Les témoins sensibles, Roma VF et Xina, ont été fortement attaqués. Les paramètres du rendement ont montré des différences significatives entre les variétés, sauf pour le nombre de fruits par grappe. Les plus fortes productions sont obtenues avec TY-75 (55,85T/ha). Les rendements sont en général meilleurs en station qu'en milieu paysan. Les variétés TY-75, Athyla, Porfyrla, Realeza, Yosra et Leyti F1 paraissent plus performantes que les autres. Concernant le contrôle de la maladie par les bio pesticides, les extraits aqueux des graines de « neem », *Azadirachta indica* et l'huile sont les plus efficaces. L'isolat de Dakar semble appartenir à une souche distincte mais présente un pourcentage d'identité de 97% avec le Begomovirus de la tomate isolé au Mali, le *Tomato leaf curl Mali virus* (TLCMLV) et avec les deux isolats de Begomovirus prélevés précédemment au Sénégal. L'identification morphologique du vecteur à partir des *puparia* a fait apparaître l'existence et la prédominance de la souche de *Bemisia spp.* Au total, l'étude de la maladie montre que le contrôle du TYLC est possible par la recherche de stratégies reposant sur la mise en évidence de variétés résistantes et la mise en place de méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique telle que l'utilisation de biopesticides extraits des végétaux. Au plan fondamental, les recherches devront se poursuivre pour élucider davantage la souche virale et son vecteur qui évoluent constamment.

Mots-clés : tomate, TYLCV, Sénégal, *Bemisia tabaci*, *Azadirachta indica*, Begomovirus, TLCMLV

Abstract

Tomato is an important vegetable in Senegal horticulture, where it occupies the second place after onion. In spite of its importance, its production and productivity are limited by many factors such as *Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)* a viral disease that causes leaf rolling and yellowing, vectored by the white fly *Bemisia tabaci*. Tests were conducted in Sangalkam area at the Niaye Zone of Senegal in the research station and in farmer fields, to identify and evaluate varieties of tomatoes resistant or tolerant to the disease. Seventy-nine tomato varieties of various origins were evaluated to determine their levels of disease resistance or tolerance. Tests were also done to find useful bio-pesticides derived from vegetable extracts. Molecular characterization of the infecting strain and morphological identification of the vector were also done. A complete randomized block design with three replications was used. For the molecular identification, a sequence obtained by PCR using primers complementary to the genes of Begomovirus proteins was compared with the Begomovirus isolated in Mali, *Tomato Leaf Curl Mali Virus (TLCLV, AY502936)* and with two isolates taken previously in Senegal (AF058028, AF058029). Our results showed that all the promising varieties from the preliminary test confirmed their resistance to the *TYLCV*. The hyphen controls, Roma VF and Xina, were heavily attacked. There were significant differences among varieties for all parameters observed except number of fruits per inflorescence. The highest production was obtained with TY-75 (55.85T/ha). Better results were obtained at the station than in farmer fields. The varieties TY-75, Athyla, Porfyrla, Realeza, Yosra and Leyti F1 appeared to show better performances than the others. Concerning the control of the disease by the bio-pesticides, aqueous solution of “*Neem*” grains, *Azadirachta indica* and its oil were most efficient. The isolate of Dakar seems to belong to a distinct group, but displayed a 97% genetic similarity to the Begomovirus of tomato isolated in Mali, *Tomato Leaf Curl Mali Virus (TLCLV)* and to the two isolates of Begomovirus taken previously in Senegal (AF058028, AF058029). The morphological identification of the vector from the *puparia* showed the existence and the prevalence of *Bemisia spp.* Our study on *TYLC* disease shows that its control is possible by finding strategies using resistant varieties and alternative methods against the chemical ones, such as biopesticides extracted from plants. Basically, researches will have to be continued to more elucidate the viral strain and its vector which constantly changes.

Key words: Tomato, *TYLCV*, Senegal, *Bemisia tabaci*, *Azadirachta indica*, Begomovirus, *TLCMV*

Introduction

INTRODUCTION

Au Sénégal, le maraîchage est traditionnellement pratiqué dans la zone écologique des *Niayes* qui s'étend de Dakar à Saint Louis, sur la façade Atlantique. Quarante cinq pour cent (45%) de la production horticole nationale provient de cette zone (Anonyme, 2010). C'est un secteur de plus en plus important à cause de ses potentialités dans l'économie nationale, d'où son intensification qui a malheureusement entraîné la prolifération de beaucoup d'ennemis des cultures. Les problèmes phytosanitaires qui en résultent ont entraîné l'utilisation massive de pesticides de synthèse, coûteux, dangereux, à la fois pour l'homme et l'environnement, et capables de faire apparaître des mécanismes de résistance chez le pathogène ou chez le vecteur. Une analyse récente effectuée par Ndiaye, (2010), sur les risques sanitaire et phytosanitaire de la culture du chou dans la zone des Niayes, a montré un dépassement de 60 à 80% pour le Lannate et le Décis respectivement, une utilisation non autorisée de pesticides et l'existence de résidus de ces produits dans certains légumes commercialisés.

La tomate est l'un des légumes les plus consommés dans le monde; elle occupe la deuxième place derrière la pomme de terre. Au Sénégal, elle vient en seconde position après l'oignon. Les rendements moyens sont de l'ordre de 20T/ha, alors que des rendements de 100T/ha sont obtenus dans plusieurs pays (Laterrot, 1994). C'est une plante très importante qui figure parmi les principales cultures maraîchères des dix pays du Réseau Africain pour le Développement de l'Horticulture, RADHORT, (Coly et Delhove, 1999) dont le Sénégal est membre. Malgré son importance dans l'économie nationale, cette culture connaît de nombreux facteurs limitants dont les plus importants sont d'ordres physiologique et phytosanitaire. En effet, plus de deux cents maladies sont recensées à travers le monde sur la tomate (Gry, 1994). Aux maladies cryptogamiques et/ou bactériennes s'ajoutent les ravageurs et les maladies virales parmi lesquelles le *Tomato Yellow Leaf Curl (TYLC)* constitue la plus importante et la plus dangereuse (Pico et al, 1996 ; Moriones et al., 2000). Le *TYLC* est une maladie qui provoque l'enroulement et le jaunissement des feuilles de tomate. Ce virus, transmis par une mouche blanche, *Bemisia tabaci* Gennadius, appartient au groupe des « Geminivirus » (Cohen et al, 1974 ; Czosnek et Laterrot, 1997; Fauquet et al., 2003). Après transmission, ce virus est localisé le plus souvent dans les tissus de la plante et perturbe ainsi sa croissance. La plante se nanifie et prend un aspect buissonnant, les folioles s'enroulent, jaunissent et leur taille est réduite (Cohen et al, 1974). Les symptômes sont d'autant plus accentués que la variété est sensible et les conditions édapho-climatiques difficiles.

Les récoltes sont presque nulles lorsque le virus est transmis avant la floraison. Lorsque la transmission intervient après la floraison, les quelques fleurs formées donnent des fruits de calibre très réduit débouchant sur des pertes de 75% (Anonyme, 1998). La récolte est donc presque nulle quand l'attaque se déclare en pépinière (Laterrot, 1994). Ainsi, les dégâts causés par le *TYLCV* peuvent être de 50 à 70% si l'attaque est tardive et de 100% si elle se produit en pépinière (Pico et *al.*, 1996 ; Vidavsky et Czosnek, 1998 ; Moriones et *al.*, 2000 ; Ciss, 2004).

Au Sénégal, la maladie est apparue en 1980 dans les régions de Kaolack et Ziguinchor (Ciss, 2004). L'apparition de cette maladie est probablement due à la proximité de la culture du coton qui héberge l'insecte vecteur, *Bemisia tabaci*. Aujourd'hui, elle a gagné tout le territoire national et constitue une menace sérieuse pour la production de la tomate dans le pays, voire dans la sous-région (Huat, 2006).

Déjà, dans les années 1970, des enrroulements de feuilles de tomate, associés à des jaunissements ont été observés sur culture de tomate dans le pays, par des chercheurs (Jean Claude Girard, communication personnelle). Ces symptômes ont été décrits comme du *Tomato Yellow Leaf Curl*, *TYLC*, dans les années 1980 (D'Hondt and Russo, 1985), et une origine virale a été suggérée par comparaison aux symptômes provoqués par le *TYLCV* sur tomate en Israël (Cohen and Nitzany, 1966). L'hypothèse virale a été confirmée par des hybridations positives d'échantillons symptomatiques sénégalais à l'aide de sondes nucléotiques complémentaires du *TYLCV* (Czosnek and Laterrot, 1997). Une séquence d'un isolat viral sénégalais publié en 1996 (Genbank D88800) révèle une organisation génétique similaire aux virus appartenant au genre *Begomovirus* (Famille des *Geminiviridae*) tel que le *TYLCV*. Plus récemment, un virus provoquant des symptômes d'enroulement et de jaunissement a été isolé au Mali et son génome a été entièrement séquencé (Anonyme, 2006). Il s'agit du *Tomato Yellow Leaf Curl Mali Virus* (*TYLCMLV*). Les séquences génomiques partielles des virus sénégalais montrent 96% de similitude avec le génome du *TYLCMLV*. Sur la base de cette comparaison, les bégomovirus isolés de la tomate au Sénégal seraient considérés comme des souches sénégalaises du *TYLCMLV*.

Les paysans sénégalais font des semis précoces (septembre à octobre) pour résoudre leurs difficultés à produire de la tomate en saison chaude et humide. Malheureusement, le vecteur semble pulluler entre octobre et novembre, peut-être même pendant toute l'année (Ciss, 2004).

En raison de la grande vitesse de prolifération de *Bemisa tabaci*, vecteur du virus, il urge de prendre des mesures adéquates pour éviter la généralisation de la maladie dans la vallée et dans la zone des *Niayes* qui constituent des bastions de la production de tomate au Sénégal.

La lutte chimique, longtemps préconisée, n'a pas apporté une solution satisfaisante et durable; de plus, elle est onéreuse et polluante (Mason et *al.*, 2000). Il semble que l'amélioration génétique pour la résistance, avec la mise au point de variétés tolérantes ou résistantes, reste la meilleure approche (Pilowsky & Cohen, 1990; Pico et *al.*, 1996 ; Lapidot et *al.*, 1997). Cette approche, associée à une bonne connaissance de la dynamique de la mouche blanche en rapport avec l'épidémiologie de la maladie, permettrait de définir un contrôle intégré de cette virose (Moriones & Navas-Castillo, 2000).

Les objectifs de cette présente étude sont les suivants:

- identifier des variétés de tomates résistantes ou tolérantes à cette maladie;
- évaluer ces variétés en milieu paysan et en station;
- trouver une méthode de protection intégrée par l'utilisation de bio pesticides;
- déterminer les principales souches et espèces de Begomovirus qui constituent l'*inoculum* viral, naturellement présent dans la zone d'étude ;
- identifier le vecteur.

Les zones d'intervention sont Sangalkam et le Centre pour le Développement de l'Horticulture (C.D.H) de Cambérène.

Le plan adopté est le suivant :

- l'Introduction qui pose le contexte du thème en dégageant la problématique du *TYLC* et les objectifs visés dans cette étude;
- le Chapitre I qui est une Synthèse bibliographique revient sur la plante-hôte (la tomate), le vecteur (la mouche blanche), l'agent pathogène (le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*) et les bio pesticides;
- le Chapitre II qui est consacré à la présentation du site, ainsi que le matériel et les méthodes utilisés;

- le Chapitre III qui présente les résultats obtenus et leurs discussions, et enfin
- les conclusions générales de la thèse qui résument les enseignements tirés du thème étudié.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. L'HÔTE : LA TOMATE

I.1.1 Historique

Découverte en 1519 par Cortès dans le Golf du Mexique, la tomate qui poussait à l'état sauvage, était déjà consommée par les Aztèques (<http://www.pratique.fr/tomates.différentes-variétés-tomates.html> Avril 2011).

Les espèces sauvages de tomate (genre *Lycopersicon*, famille des Solanacées) sont donc originaires de l'Ouest de l'Amérique du Sud dans une zone allant de la Colombie au Nord du Chili jusqu'à la côte Pacifique. La tomate dont le mot vient de la langue Nahuatl du Mexique "Tomaltl" serait cultivée pour la première fois comme plante ornementale ou par curiosité. Cependant la tomate a été domestiquée au Mexique (Rick, 1978), puis en Espagne et, de là dans les autres pays d'Europe, vers la première moitié du XVI^e siècle (<http://www.pratique.fr/tomates.différentes-variétés-tomates.html> Avril 2011). Le genre comprend 9 espèces dont les 8 sont restées dans les limites de leur zone d'origine. Une seule espèce, *L. esculentum* sous sa forme sauvage coraciiforme, a émigré vers le sud de l'Amérique du Nord. Introduite en Europe au XVI^e siècle, cette espèce a été longtemps considérée avec suspicion, ce n'est qu'il y a environ 200 ans qu'elle commença à être consommée. Mais les espèces sauvages se caractérisent par leur rusticité et leur richesse en gènes de résistance à beaucoup d'agents pathogènes, c'est la raison pour laquelle la recherche s'est orientée vers ces espèces pour l'obtention de géniteurs de résistance à différentes maladies comme le TYLC. Les sélectionneurs les utilisent aussi pour augmenter la variabilité de l'espèce.

L'importance de la culture de tomate ne cesse de s'accroître et elle fait partie aujourd'hui des légumes les plus consommés au monde.

I.1.2. Présentation botanique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) appartient à la famille des Solanacées. C'est une plante herbacée rampante si elle n'est pas soutenue par un tuteur. C'est une plante vivace, cultivée comme annuelle, et classée dans le groupe des légumes-fruits. Elle est munie d'une racine pivotante entourée de racines fasciculées qui parfois, peuvent sortir du sol et occasionner

la verse au moindre vent. La tige est pubescente ou glabre. Les bourgeons axillaires se développent en tiges latérales, de conformation herbacée, ayant une tendance à ramper. La feuille est composée et possède de nombreuses folioles vertes qui sont fonction de la variété et de la position de la feuille sur la plante. Il ya plus de folioles sur les étages supérieurs et à l'aisselle de chaque feuille, et parfois à l'extrémité des inflorescences.

La jeune plante produit des feuilles composées comportant plus de folioles sur les étages supérieurs et à l'aisselle de chaque feuille, et parfois à l'extrémité des inflorescences. La fleur à corolle jaune contient un ovaire qui laisse deviner la forme du fruit (baie variable de taille, de forme, de couleur) qui peut dépasser 70g avec un diamètre de 48mm.

Du fait de la dimension de la fleur, les hybridations sont faciles à réaliser et la castration est effectuée manuellement 1 à 2 jours avant l'anthèse ; aussi la pollinisation peut être réalisée le même jour que la castration, ou 1 à 2 jours après.

Le cycle complet de trois (3) mois et demi à quatre (4), de la graine à la graine, est variable selon les variétés, l'époque et les conditions de culture, soit 7 à 8 semaines de la graine à la fleur, et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit. Les plantes de tomate se bouturent et se greffent très facilement (Gallais & Bannerot, 1992).

C'est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de nombreux mutants mono géniques dont certains sont très importants pour la sélection. Il s'agit de mutants morphologiques de résistance aux maladies ou de marqueurs iso enzymatiques (Rick, 1979).

Près de 35 caractères morphologiques sont identifiés quant à leur localisation sur leurs chromosomes (<http://www.inra/Internet/Produits/HYPPZ/pa.htm> Avril 2011)

1.2.1. La floraison

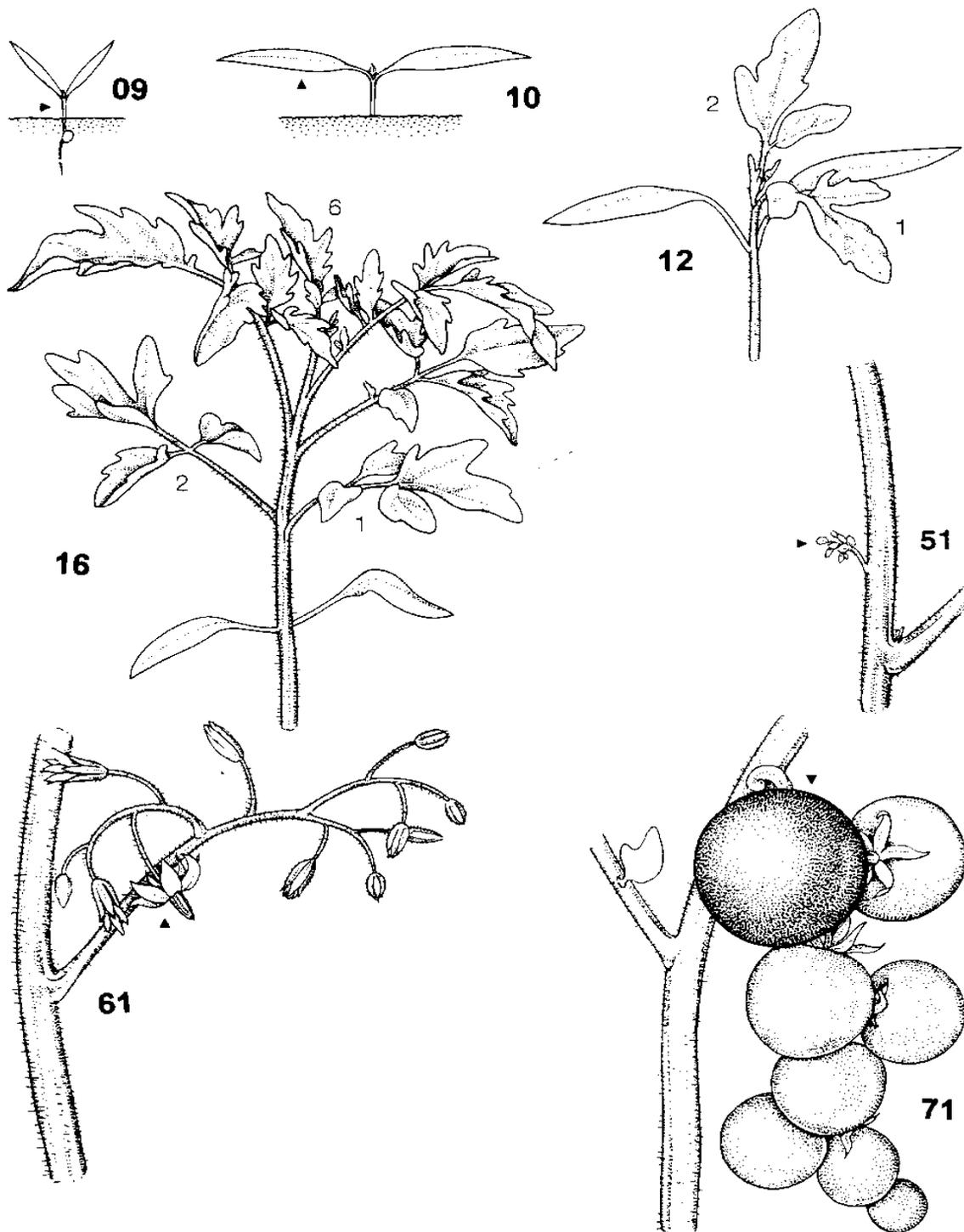
La floraison débute 8 à 10 semaines après le semis.

La fleur de tomate à corolle jaune contient un ovaire rond ou côtelé, surmonté d'un style automatiquement fécondé par le pollen des étamines qui l'entourent par fentes internes.

Comme le style n'émerge pas normalement du cône staminal, la tomate est considérée comme autogame (Messiaen, 1975).

En effet l'allongement du style peut être constaté en climat tropical par les températures élevées. Dans ces conditions une pollinisation croisée naturelle peut s'observer (Tandia, 1994).

La figure 1a suivante illustre quelques stades phénologiques de la tomate.



Légende : 09 et 10. Plantule avec cotylédon, 12 : Plantule avec 2 vraies feuilles, 16 : Plant de 6 vraies feuilles, 51 : début bouton floraux, 61 : Grappe de fleur, 71 : Grappe de fruit vert

Figure 1a: Quelques stades phénologiques de la tomate
(source: <http://www.inra/Internet/Produits/HYPPZ/pa.htm> Avril 2011)

I.1.2.2. Les types de croissance

Il a été observé trois types de croissance chez la tomate (Anonyme, 1991): la croissance déterminée, la croissance semi-déterminée et la croissance indéterminée.

➤ La croissance déterminée :

Après avoir émis 2 à 8 bouquets, le bourgeon terminal devient un bourgeon floral, les bourgeons axillaires s'arrêtent après 1 à 3 bouquets, ce qui donne à la plante un port buissonneux. La tige forme des entre-nœuds courts. La plante développe successivement une (1) feuille à chaque grappe de fleurs, la floraison et le mûrissement des fruits s'étalent sur un intervalle court. On observe une grappe de fruits à l'extrémité de la tige.

➤ La croissance semi-déterminée :

Ce sont les variétés dont la plante possède deux (2) grappes de feuilles entre chaque grappe de fleurs. A un moment donné, la croissance de la plante est ralentie et le mûrissement plus tardif.

➤ La croissance indéterminée :

Dans ce type de croissance il n'y a pas d'arrêt de croissance de la tige principale. Les entre-nœuds sont plus longs. La plante développe trois (3) feuilles entre chaque grappe de fleurs et, tout au long de la croissance de la plante on y trouve des fleurs, des fruits verts et mûrs qui rendent difficile la récolte mécanisée. La plante a un grand développement avec un feuillage très dense. Il n'y a pas de bouquets floraux terminaux et de bouquets axillaires à supprimer pour assurer une bonne production de fruits bien développés et de gros calibres.

Ces informations sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de tomate (Jean, 1997 modifié)

Description	variété à croissance déterminée	variété à croissance semi-déterminée	variété à croissance indéterminée
Forme	1 feuille à chaque grappe de fleurs	2 feuilles entre chaque grappe de fleurs	3 feuilles entre chaque grappe de fleurs
Types de croissance	Arrêt après 2 à 6 grappes de fleurs	Ralentissement après 2 à 6 grappes de fleurs	Continue jusqu'à la sénescence
Maturité des Fruits	Simultanée	Simultanée	Echelonnée
Position de la Grappe de fruits à terme	Au sommet	Au sommet	A l'aisselle des feuilles
Volume du fruit	Peu volumineux	Volumineux	Très volumineux
Précocité	Hâtive	Hâtive	Tardive
Taille	Moins importante	Moins importante	Importante
Récolte	Concentrée et facile	Concentrée et facile	Echelonnée et difficile

I.1.2.3. Les types de variétés

On distingue deux types de variétés en fonction de l'état des caractères sélectionnés:

- Les variétés fixées: ce sont des variétés à caractères fixés
- Les hybrides F1: ce sont des variétés homogènes, mais dont les caractères ne sont pas fixés.

Dans le catalogue officiel des variétés de tomate (Philouze, 1985) il y a :

- 21 variétés fixées
- 73 hybrides

Aujourd'hui, en France, 315 variétés de tomates sont inscrites au Catalogue des espèces et variétés potagères, il y en a près de 2500 au Catalogue européen (www.gris.fr/index/action/page/id/291/ Avril 2011).

Au Sénégal, les principaux fournisseurs sont le CDH et TROPICASEM.

Pour le CDH on peut citer les variétés suivantes: « Xewel Nawet » et « Xina » pour une production de fruits moyens pendant toute l'année, « Romitel » et « Rotella » pour des fruits allongés.

Pour TROPICASEM, il ya les variétés « F1 Jaguar » et « F1 Nadira », tolérantes au TYLCV, qui se cultivent en saison sèche et fraîche, et en saison chaude, la F1 Rodeo, tolérante au TYLCV pour la saison sèche, les variétés F1 Lindo et F1 Thorgal, tolérantes au flétrissement bactérien pour les zones humides et enfin « F1 Xewel » et F1 Ganila qui sont des variétés d'hivernage (communication personnelle, 2011).

Dans la vallée du Fleuve les variétés cultivées sont entre autres: Gem Pride, Rio Fuego, Yaqui, Ninja, Progress, Heatmaster et Small Fry.

I.1.3. Exigences de la plante

I.1.3.1. Les exigences climatiques

I.1.3.1.1. La température

La tomate est une plante qui réclame de la chaleur pour assurer le cycle complet de sa végétation, cependant elle peut croître et se développer dans les régions tropicales pendant la saison fraîche, avec des rendements plus importants qu'en hivernage.

Les températures journalières doivent se situer entre 20° et 33°C, et celles nocturnes entre 10° et 30°C. Il faut, pour une bonne croissance de la plante, un écart thermique d'au moins 6°C entre le jour et la nuit. La croissance de la tomate est importante lorsque les maximales journalières ne dépassent pas 30°C. Pour une bonne production, les *optima* de températures du jour et de la nuit doivent se situer respectivement entre 20°-27°C et 13°-20°C. En effet, avec une température de 10°C la nuit et 33°C le jour, on peut observer un ralentissement de la croissance. Actuellement, avec la recherche, des variétés qui se développent bien à des températures inférieures à 10°C la nuit, ont été obtenues dans les pays tempérés. Il existe aussi des variétés qui tolèrent bien les températures supérieures à 33°C.

Les fortes températures retardent la floraison du bouquet, réduisent le nombre de fleurs par bouquets et la taille des fleurs (Tandia, 1994). Les températures diurnes de 2°C réduisent la qualité du pollen ou peuvent même le tuer, ce qui compromet la fructification.

Au moment de la floraison, les températures optimales sont de l'ordre de 23°C le jour et 13-17°C la nuit ; à ce stade un écart de 6-7°C entre le jour et la nuit est nécessaire. Au stade de la nouaison, les températures favorables se situent entre 14°C le jour et 16,5°C la nuit. Pour le

développement du fruit, il faut une température de 17°C la nuit et de 23°C le jour ; les températures plus élevées augmentent la précocité mais diminuent le rendement.

I.1.3.1.2. Le photopériodisme

La tomate est une plante qui n'est pas sensible à la lumière du jour. Cependant la photo périodicité joue un rôle important au moment de la nouaison. Les fortes et faibles intensités lumineuses réduisent la taille des fruits ; et pour les mêmes variétés, la taille des fruits en hivernage est plus réduite qu'en saison sèche.

I.1.3.2. Les exigences édaphiques

La tomate est une plante qui s'adapte bien dans une gamme de sols très diversifiés.

Toutefois les meilleurs rendements sont obtenus sur des sols sablo-limoneux très riches en humus (avec une fumure organique de 30-50 t/ha) permettant une bonne structure du sol et par conséquent un bon enracinement et une vigueur des plantes.

Cependant les variétés à port indéterminé sont plus vigoureuses et s'accommodent mieux que les précédentes aux sols à structure médiocre.

Une salinité importante du sol ou bien une teneur en sel de 2 à 4g/l dans l'eau rendent la plante sensible à des maladies dues à *Fusarium oxysporum* et à *Rhizoctonia solani* (Jean, 1997).

Le pH du sol doit se situer aux environs de 5,5 et 7,5 ; sinon toute autre variation du pH peut avoir des répercussions sur le développement de la plante et plus tard sur la dimension et le poids du fruit.

Le tableau 2 montre quelques adaptations et exigences de la tomate.

Tableau 2: Adaptations et exigences climatiques de la tomate selon Jean, 1997, modifié

Paramètres	Caractéristiques		Observations	
Température	Optimale	Jour	Nuit	- Développement correct de 24 à 31°C - Mauvaise croissance au-delà de 32°C
		20-27°C	13-20°C	
	Maximale	33°C	25°C	
	Ecart	6-7°C		La plante se développe bien
Humidité	De la plantation à la floraison	5mm/j		Bonne croissance
	De la floraison à la récolte	10mm/j		Bon développement
	Eau de pluie	400-600mm		Bon développement
	Excès d'eau		Développement de maladies et mort de la plante	
Sol	Tous les types de sols mais préférence pour les sols sablo limoneux riches en humus		- Développement correct de 24 à 31°C - Mauvaise croissance au-delà de 32°C	
pH	5,5-7,5 Optimum 6,5		La plante se développe bien	

I.1.3.3. Les besoins en eau de la plante

Les besoins en eau varient avec le stade de développement de la plante, le type de sol et l'ensoleillement. Pour un sol lourd, les besoins en eau sont moindres, avec des fréquences d'irrigation plus espacées. De la plantation à la floraison la plante a besoin de 5 mm/j d'eau. De la floraison à la récolte la quantité requise est de 10 mm/j d'eau (Beniest, 1987).

I.1.3.4. La fertilisation

La fertilisation doit être bien adaptée à la nature du sol.

Une fumure minérale de type 20-10-20, avant la plantation, associée à un apport en azote et en potasse sous forme minérale (30 g/m² de nitrate de calcium, sulfate de potasse), est nécessaire avant et après la plantation (Messiaen, 1975). L'azote sous forme ammoniacale est à éviter pour permettre l'assimilation du calcium par la plante.

Les doses du CDH en fumure de fond sont de 200 à 300 kg de matières organiques et 4 kg d'engrais minéral (10-10-20) pour 100 m² de culture. Pour la fumure d'entretien, il faut, pour 100 m² de culture, 2 kg d'engrais minéral (10-10-20) après 15, 30, 50 et 80 jours de plantation (Fiche technique du CDH sur la tomate). Dans la Vallée du Fleuve, l'engrais minéral (9-23-30), est utilisé en trois options différentes, en fumure de fond et de couverture (Anonyme, 2001a).

☞ **Le rôle des éléments nutritifs**

- **Les éléments majeurs :**

Ce sont les éléments dont la plante a le plus besoin: il s'agit de l'azote, du phosphore et du potassium.

- ❖ L'azote entre dans la fabrication des protéines et sa carence se traduit par un nanisme et un jaunissement de la plante. Il peut permettre le mûrissement de la plante mais le rendement reste faible et les fruits peu développés.
- ❖ Le phosphore, quant à lui, participe à la production de fruits et de racines. Au moment de la transplantation, il facilite la reprise et accélère la maturité des fruits.
- ❖ Le potassium, améliore la santé de la plante ; sa carence se manifeste par des brûlures au niveau des feuilles.

- **Les éléments secondaires :**

Il s'agit du calcium, du magnésium, et du soufre.

- ❖ Le calcium entre dans la construction des parois cellulaires et sa carence conduit à la pourriture molle des fruits.
- ❖ Le magnésium entre dans la synthèse de la chlorophylle et sa carence entraîne un jaunissement des feuilles entre les nervures, en commençant par les vieilles feuilles.
- ❖ Le soufre entre dans la fabrication des protéines. Sa carence entraîne les mêmes symptômes que la carence en azote.

- **Les éléments mineurs :**

La plante en a besoin en très petites quantités ; il s'agit du Bore, du Fer, du Manganèse, du Molybdène et du Zinc.

Le tableau 3 met en évidence les symptômes de carence en éléments mineurs.

Tableau 3 : Symptômes de carences en éléments nutritifs selon Jean, 1997, modifié

Eléments nutritifs		Symptômes de carence
Majeurs	Azote	Nanisme et jaunissement de la plante
	Phosphore	Mauvaise production de fruits et de racines
	Potassium	Brûlures au niveau des feuilles
Secondaires	Calcium	Pourriture molle des fruits
	Magnésium	Jaunissement des feuilles entre les nervures
	Soufre	Nanisme et jaunissement de la plante
Mineurs	Bore	Croissance ralentie, tiges et feuilles déformées
	Cuivre	Jaunissement des feuilles avec allongement possible de la tige
	Fer	Zones blanches ou jaunes entre les nervures des feuilles les plus jeunes
	Manganèse	Taches jaunes, très marquées sur les jeunes feuilles
	Molybdène	Feuilles pâles, étroites, bord déformé, jaunissement entre les nervures des vieilles feuilles
	Zinc	Feuilles petites, étroites, bord déformé, plant très court, jaunissement

I.1.4. Consommation et production de tomate:

La tomate est l'un des légumes les plus consommés au monde, elle se situe en deuxième position après la pomme de terre. C'est un produit très nutritif qui est nécessaire pour le bon fonctionnement de l'organisme. Elle est très riche en vitamines A et C, substances qui ne peuvent pas être synthétisées par le corps humain. Elle a une richesse nutritive très importante car 100g de tomate apportent en vitamines A et B les 20 à 40% de la quantité quotidienne nécessaire pour un adulte (Fabrice, 2003). Au Sénégal la tomate est utilisée dans plusieurs préparations culinaires, mais son approvisionnement connaît des ruptures périodiques dues à des

contraintes d'ordre phytosanitaire et d'adaptation en hivernage. Ceci explique parfois sa rareté et par conséquent ses prix instables qui peuvent atteindre 1500 FCFA/kg.

Au Sénégal, la production de tomate occupe la deuxième place derrière l'oignon durant ces dernières années, si l'on ne considère que la tomate industrielle (tableau 4). Ceci peut se justifier par l'abandon de la culture de tomate dans beaucoup de zones du territoire national à cause de l'impact de la maladie du jaunissement et de l'enroulement des feuilles qui constitue actuellement un fléau national.

Au niveau du pays la production est concentrée dans les régions de Thiès, Dakar et Saint-Louis (surtout pour la tomate industrielle). Elle est plus importante dans la région de Thiès que dans la région de Dakar.

L'industrie de la conserve propose des produits très diversifiés : concentré, jus, ketchup, tomates pelées, concassées, poudre, etc.

Cependant, il est à noter que le Sénégal n'importe pas de tomates concentrées. Les transformations de la tomate industrielle sont assurées et fournies par la SOCAS et la SNTI, installées depuis 1969 dans le pays.

Durant la campagne 2006 la production de tomate industrielle est de 120000 T contre 90000 T en 2009 (tableau 4a). Cette baisse de la production montre aujourd'hui les problèmes que rencontre cette culture, des problèmes surtout d'ordre phytosanitaire devenus de plus en plus très manifestes.

Le tableau 4a nous montre l'évolution de la production de légumes de 2005 à 2009.

Tableau 4a : Evolution de la production de légumes (Direction de l’Horticulture, 2010)

Légumes	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Tomate	56 520	58 550	58 600	43 820	60 000	277 490
Pomme de terre	2 323	2 010	5 000	2 825	15 000	27 158
Haricot vert	8 711	10 600	10 000	13 000	10 000	52 311
Gombo	7 920	8 300	8 300	4 700	3 200	32 420
Piment	2 723	2 510	2 500	2 280		10 013
Aubergine	5 396	5 770	5 800	5 455		22 421
Tomate industrielle	104 000	120 000	84 100	75 000	90 000	473 100
Chou pommé	27 574	29 700	42 000	41 650	40 000	180 924
Jaxatu	8 276	8 870	8 900	8 285		34 331
Oignon	75 641	82 300	142 000	150 000	160 000	609 941
Carotte	8 438	7 850	7 800	5 963		30 051
Patate douce	30 875	37 500	38 000	40 000	160 000	306 375
AUTRES	9 649	12 250	16 000	24 615	160 000	222 514

I.1.5. Maladies et ravageurs

La tomate, à part *Helicoverpa armigera*, ravageur majeur, n’est que peu parasitée par les insectes. Par contre, elle se révèle sensible aux attaques d’un certain nombre de maladies cryptogamiques, bactériennes, virales ou physiologiques. Quelques unes de ces maladies doivent être considérées comme dangereuses. Elles atteignent toutes les parties de la plante (tiges, racines, feuilles et fruits).

I.1.5.1. Les maladies cryptogamiques et les méthodes de contrôle

Ce sont des maladies dues à des champignons microscopiques. Les principales sont : l’alternariose, le mildiou, la maladie fauve, la fusariose vasculaire, l’oïdium ou «blanc», la stemphyliose et la rhizoctoniose.

I.1.5.1.1. L'alternariose qui est une maladie causée par *Alternaria solani*, se caractérise par la présence de grandes taches brunes ou noires, avec des cercles concentriques sur les fruits et les feuilles. Pour le traitement il faut pulvériser des bouillies de Captafol, de Mancozèbe ou de Manèbe, selon un rythme hebdomadaire.

I.1.5.1.2. Le mildiou dû à *Phytophthora infestans* s'observe sur les feuilles avec de grandes taches noires, sur les tiges par des taches noires de forme irrégulière et sur les fruits par des lésions à surface bosselée, de forme irrégulière, ne rougissant pas quand le fruit mûrit. La lutte consiste en des pulvérisations à base de cuivre, de mancozèbe, souvent renouvelées, et l'utilisation de variétés résistantes (Messiaen, 1975 ; Anonyme, 2000).

I.1.5.1.3. La maladie fauve due à *Fulvia fulva* (*Cladosporium fulvum*). Les feuilles jaunissent et se couvrent en-dessous d'un revêtement velouté gris verdâtre. Les fruits semblent mûrir hâtivement malgré la chute des feuilles. La lutte fait appel surtout à l'utilisation de variétés résistantes.

I.1.5.1.4. La fusariose vasculaire due à *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. C'est une maladie très grave et très fréquente. Dans la tige, les vaisseaux sont brun foncé et présentent par endroits des stries plus sombres. Ceci entraîne d'abord un jaunissement sectoriel des folioles et des feuilles de la base, puis un flétrissement suivi d'un dessèchement rapide des plants atteints. La lutte consiste entre autres à désinfecter le sol, utiliser des variétés résistantes et faire une fertilisation équilibrée.

I.1.5.1.5. L'oïdium ou «blanc» dû à *Leveillula taurica*, se manifeste par des taches jaune pâle ou vif, parfois angulaires, à la face supérieure des feuilles. Les taches sont recouvertes d'un discret duvet blanc à la face inférieure des feuilles. Le feuillage se dessèche progressivement à partir de la base du plant. Les stades phénologiques sensibles vont du repiquage à la floraison. La lutte antifongique sera appliquée si la maladie est trop importante. Il est conseillé de traiter préventivement la pépinière, de même que les semences avec du Triadimefon.

I.1.5.1.6. La stemphyliose est une maladie des feuilles provoquée par un champignon, *Stemphylium spp.* Sur le feuillage apparaissent de petites taches brunes, rouges, parfois grises, rondes ou anguleuses qui peuvent confluer entre elles. Le Captafol, le Manèbe et le Chlorothalonil sont utilisés en plus des variétés résistantes pour le contrôle de la maladie.

I.1.5.1.7. La rhizoctoniose due à *Rhizoctonia solani*. En pépinière, le feuillage des plantules se flétrit et le collet est atteint simultanément de pourriture qui lui confère une coloration

brune, rougeâtre ou noire. Sur les fruits, l'affection se manifeste sous forme d'une tache apicale, brune, zonée ; des bandes plus claires alternant avec des bandes plus foncées. Le champignon attaque également les plantules avant leur émergence. En plus des variétés résistantes, les traitements fongicides appliqués en pépinière et au repiquage permettent le contrôle de la maladie.

I.1.5.2. Les maladies bactériennes :

I.1.5.2.1. Le flétrissement bactérien dû à *Pseudomonas solanacearum*. Les symptômes sont un ramollissement et un recourbement vers le bas (épinastie) des feuilles attaquées ou moitié de feuilles. Sur la tige, il ya de nombreuses protubérances, ébauches avortées de racines. La croissance de la plante s'arrête, le flétrissement gagne l'ensemble des feuilles, la tige noircit et la plante meurt.

Les méthodes de lutte les plus efficaces sont la désinfection du substrat des pépinières, la résistance variétale, une rotation de 2 à 4 ans sans Solanacées, le choix de sols peu réceptifs à la maladie.

I.1.5.2.2. Les autres maladies bactériennes : Il existe d'autres maladies bactériennes telles que la **galle bactérienne** due à *Xanthomonas campestris pv. vesicatoria* et la **moucheture bactérienne** due à *Pseudomonas syringea pv. tomato*.

I.1.5.3. Les maladies physiologiques

Elles sont nombreuses et le plus souvent dues à des carences en éléments minéraux.

La nécrose apicale : Sur la partie apicale du fruit apparaît une tache arrondie et blanchâtre qui noircit ensuite. Des moisissures secondaires envahissent la tache et rendent le fruit impropre à la commercialisation. Les variétés à fruits longs sont plus sensibles que les variétés à fruits ronds ou côtelés. Une irrigation irrégulière, des sols acides pauvres en calcium, une carence en bore sont des conditions qui favorisent la maladie.

Pour la lutte, l'apport de matière organique permet de diminuer la maladie. Il faut éviter une fertilisation excessive en N et K à la floraison et préférer le nitrate de calcium aux engrais ammoniacaux

I.1.5.4. Autres maladies

La tomate peut être parasitée par des **Acariens** (**Acariose bronzée**) due à *Aculops* (*Vasates lycopersici*), des **Nématodes** (**galles** de *Meliodogyne sp.* sur racine) et des **Insectes** comme *Helicoverpa armigera* (Noctuelle de la tomate), *Liriomyza sp.* dont *L. trifolii* (la mineuse des feuilles) etc.

I.1.5.5. Les maladies virales

Elles sont nombreuses. Nous en citerons deux qui sont les plus fréquentes au Sénégal:

I.1.5.5.1. Le Tomato Spotted Wild Virus (TSWV) ou virus des taches bronzées de la tomate, est un virus à ARN monocaténaire. Le TSWV provoque une très grande diversité de symptômes dont des lésions nécrotiques et chlorotiques, un nanisme, des nécroses systémiques, un flétrissement systémique, des taches, des striures, des mosaïques, des enroulements foliaires, des chloroses nervaires, des déviations de couleur des fleurs etc.

La maladie est transmissible par voie persistante par des Thysanoptères dont *Thrips tabaci*. La lutte consiste en l'utilisation de variétés résistantes, l'élimination des foyers naturels et le contrôle intégré contre les vecteurs.

I.1.5.5.2. Le Tomato Yellow Leaf Curl (TYLC) qui se manifeste par des feuilles petites, enroulées en cuillère, avec décoloration jaune autour des nervures. Pour lutter contre cette virose, il faut protéger les plantes dès la pépinière, ou utiliser des variétés résistantes ou tolérantes. Le vecteur de la maladie est la mouche blanche, *Bemisia tabaci*

Le tableau 4b suivant récapitule les symptômes et méthodes de lutte de quelques maladies cryptogamiques, bactériennes et virales.

Tableau 4b: Symptômes et méthodes de lutte de quelques maladies cryptogamiques, bactériennes et virales

	Maladies	Agent Pathogène	Symptômes	Méthodes de lutte
Cryptogamiques	Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Grandes taches brunes ou noires, avec cercles concentriques sur fruits et feuilles	Captafol, Mancozèbe, Manèbe Variétés résistantes
	Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Grandes taches noires de forme irrégulière sur les tiges, lésions à surface bosselée et de forme irrégulière sur les fruits	pulvérisations à base de cuivre, de mancozèbe Variétés résistantes
	Maladie fauve	<i>Fulvia fulva</i>	Les feuilles jaunissent et se couvrent en-dessous d'un revêtement velouté gris verdâtre. Les fruits semblent mûrir hâtivement malgré la chute des feuilles	Captafol, Mancozèbe, Manèbe Chlorothalonil Variétés résistantes
	Fusariose vasculaire	<i>Fusarium oxysporum f. sp lycopersici.</i>	Dans la tige les vaisseaux sont brun foncé, flétrissement des plants	Désinfection du sol Variétés résistantes
	Oïdium ou «blanc»	<i>Leveillula taurica</i>	Taches jaune pâle ou vif, parfois angulaires, à la face supérieure des feuilles	Triadimefon Soufre Chinométhionate Variétés résistantes
	Stemphyliose	<i>Stemphylium spp</i>	Petites taches brunes, rouges, parfois grises, rondes ou anguleuses qui peuvent confluer entre elles sur les feuilles	Captafol, Manèbe, Chlorothalonil Variétés résistantes
	Rhizoctoniose	<i>Rhizoctonia Solani</i>	Tache apicale, brune et zonée sur les fruits. En pépinière, le feuillage des plantules se flétrit.	Captafol, Mancozèbe, Manèbe Chlorothalonil Variétés résistantes
Bactériennes	Flétrissement bactérien	<i>Pseudomonas Solanacearum</i>	Ramollissement et un recourbement vers le bas (épinastie) des feuilles attaquées ou moitié de feuilles	Rotation de 2–4 ans sans Solanacées Variétés résistantes
	Galle bactérienne	<i>Xanthomonas campestris pv. Vesicatoria</i>	Jaunissement et dessèchement rapide du feuillage	Cuivre, Mancozèbe, désinfecter les semences Variétés résistantes
	Moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringea pv. tomato</i>	Petites taches noires sur feuilles et fruits mûrs, taches sur sépales, pédoncules et tiges	Cuivre, Mancozèbe, désinfecter les semences Variétés résistantes
virales	Tomato Spotted Wild (TSW)	Tomato Spotted Wild Virus (TSWV)	Lésions nécrotiques et chlorotiques, nanisme, mosaïques, enrroulements foliaires etc.	Protéger les plantes dès la pépinière, ou utiliser des variétés résistantes ou tolérantes
	Tomato Yellow Leaf Curl (TYLC)	Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)	Feuilles petites, enrroulées en cuillère, avec décoloration jaune autour des nervures	Protéger les plantes dès la pépinière, ou utiliser des variétés résistantes ou tolérantes

I.2. LE VECTEUR DU TYLC: LA MOUCHE BLANCHE

I.2.1. Généralités

La mouche blanche (*Bemisia tabaci* Genn.) est un insecte ravageur décrit en 1889 en Grèce par Gennadius sous le nom d'*Aleurodes tabaci*. Elle appartient à l'ordre des Homoptères et à la famille des *Aleurodidae* ; on l'appelle aussi « mouche blanche du coton » ou « mouche blanche de tabac ». C'est un aleurode très polyphage signalé aujourd'hui sur plus de 506 plantes appartenant à 74 familles (Diatta, 1999). Delatre, (1973), cite en Afrique plus de 150 plantes appartenant à 30 familles comme victimes des piqûres de ce ravageur, parmi lesquelles des Légumineuses (arachide, haricot), des Malvacées (gombo), des Solanacées (tomate, pomme de terre, aubergine), des Cucurbitacées (melon, pastèque, concombre, courgette) des Crucifères (chou, radis, navet) des Euphorbiacées (manioc), des Agrumes et diverses plantes ornementales.

Une plasticité écologique impressionnante complique le statut taxonomique de *Bemisia tabaci*. Cette variabilité a conduit à la mise en évidence de nombreux biotypes (Reynaud, 2000). Le biotype B, initialement identifié dans l'Arizona (USA), est considéré comme le biotype responsable de la majorité de dégâts notés dans le monde, il est probablement originaire du Moyen-Orient (Frohlich et al., 1999). Aucun élément morphologique ne permet au champ comme au laboratoire de différencier le biotype B (parfois appelé *B. argentifolii*) des autres biotypes. Selon Secker et al., (1998), ce biotype se caractérise par son extrême polyphagie (plus de 600 plantes hôtes) et sa facilité à transmettre des virus (une soixantaine actuellement connue).

Pour caractériser une espèce de *Bemisia* il faut recourir aux pupariums de dernier stade (Communication personnelle).

La variabilité morphologique du puparium est importante et dépend surtout du support végétal. Il existe des races ou biotypes mis en évidence dès 1950. En 1980, il ya la désignation du biotype B nommé *Bemisia argentifolii* (Belows et Perring, 1994). Ces biotypes sont morphologiquement très proches et par conséquent impossibles à différencier. Cependant leur faculté à induire certains symptômes, à transmettre certains virus et leur spécificité d'hôtes permettent entre autres caractères de les distinguer. L'absence d'une courte soie antérieure submarginale sur le puparium du quatrième stade larvaire a été décrit comme l'un des critères morphologiques caractéristiques de la souche appelée *Bemisia argentifolii* (Bedford et al., 1994).

La taille, la forme et la pilosité sont entre autres extrêmement variables et sans valeur taxonomique. Les critères sélectionnés pour l'identification sont en effet ceux qui varient le moins.

Compte tenu des considérations sur la morphologie de *Bemisia*, des études seront faites pour tenter de caractériser l'espèce.

Messiaen et *al.*, (1991), signalent la mouche blanche comme étant un agent important de la transmission des virus de la mosaïque du coton en Afrique Occidentale et en Amérique Centrale, des virus « leaf curl » sur le tabac, la tomate et le haricot (*Phaseolus spp*) et du virus de la mosaïque africaine du manioc en Afrique Tropicale.

I.2.2. Morphologie et biologie

C'est un petit insecte de 1 mm environ, de couleur jaune pâle soufre, recouvert d'une poussière cireuse très blanche vivant sous les feuilles de plusieurs espèces végétales. Son corps est minuscule, jaune et les ailes blanches (Cauquil, 1993). La mouche existe sous 2 formes : aptère (larve), ailée (adulte). La femelle peut pondre jusqu'à 160 œufs sur la face inférieure des feuilles durant sa vie. Les œufs de couleur jaunâtre sont ovalaires, allongés et mesurent à peine 0,25 mm (INRA, 1998).

Chez la mouche blanche on peut distinguer trois stades de développement : le stade œuf, le stade larvaire et le stade adulte.

I.2.2.1. Le stade œuf

Les œufs pondus, de couleur blanchâtre, sont groupés et fixés à l'épiderme par un court pédoncule. Ils éclosent au bout de 4 à 5 jours entre 25° et 32°C. Lors de l'éclosion la couleur blanchâtre vire au marron (Diatta, 1999).

I.2.2.2. Le stade larvaire

Ce stade peut être divisé en quatre phases (Sarr, 2003) :

- la première phase se caractérise par une larve mobile car pourvue de pattes fonctionnelles,
- la deuxième phase se reconnaît par le fait que la larve reste fixée au même point et perd ses pattes, elle est aplatie et transparente,

- la phase 3 se caractérise par la poursuite du développement de l'insecte et une stagnation de la croissance des pattes et des antennes,
- la dernière phase est la phase pendant laquelle la cuticule devient opaque et forme le *puparium* d'où sortira l'imago.

I.2.2.3. Le stade adulte

L'adulte, de couleur jaune blanchâtre, possède 2 ailes couvertes d'une substance blanche poudreuse avec des nervations très réduites. Il prélève sa nourriture par le stylet implanté dans les cellules de la plante (Ciss, 2004).

Le mâle mesure environ 0,85 mm et la femelle 0,91 mm (Anonyme, 2003). Les adultes mâles peuvent vivre 10 à 17 jours et les femelles 50 à 92 jours (Delatre, 1973). Il n'y a pas de diapause connue. Aussi, on peut avoir une douzaine de générations par an. Pour l'INRA, (1998), le cycle de vie peut avoir 9 à 15 générations annuelles. Le développement larvaire est achevé au bout de 12 à 15 jours à 28°-32°C, allant jusqu'à 28-32 jours à 20-24°C. L'adulte peut voler activement sur une faible distance, cependant, le vent le transporte facilement au loin du fait de sa légèreté. Ces insectes se déposent en général sur les végétations touffues et actives (Cauquil, 1993) ; les adultes et les larves se trouvent ainsi sur la face inférieure des feuilles, dans les endroits protégés. Les photos A et B représentent respectivement des larves et un adulte de *Bemisia tabaci*. La figure 1b ci-dessous illustre le cycle de développement de *Bemisia tabaci*.



Photo A: Larves de *Bemisia tabaci*



Photo B: Adulte de *Bemisia tabaci*

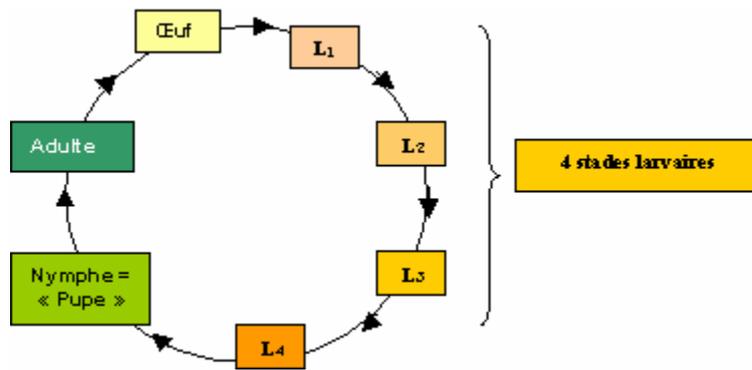


Figure 1b : Cycle de développement de *Bemisia tabaci*
 (sources: <http://www.arbofruits.nc/telechargement/inse> Mai 2011)

Bemisia tabaci acquiert le virus à l'état larvaire selon le mode persistant circulatif. La période d'acquisition est de 15 mn à 1 heure. Le pouvoir infectieux peut cependant subir des fluctuations au cours de la vie de l'insecte. La figure 1c suivante montre le cycle d'acquisition et de dispersion du TYLCV par *B. tabaci*

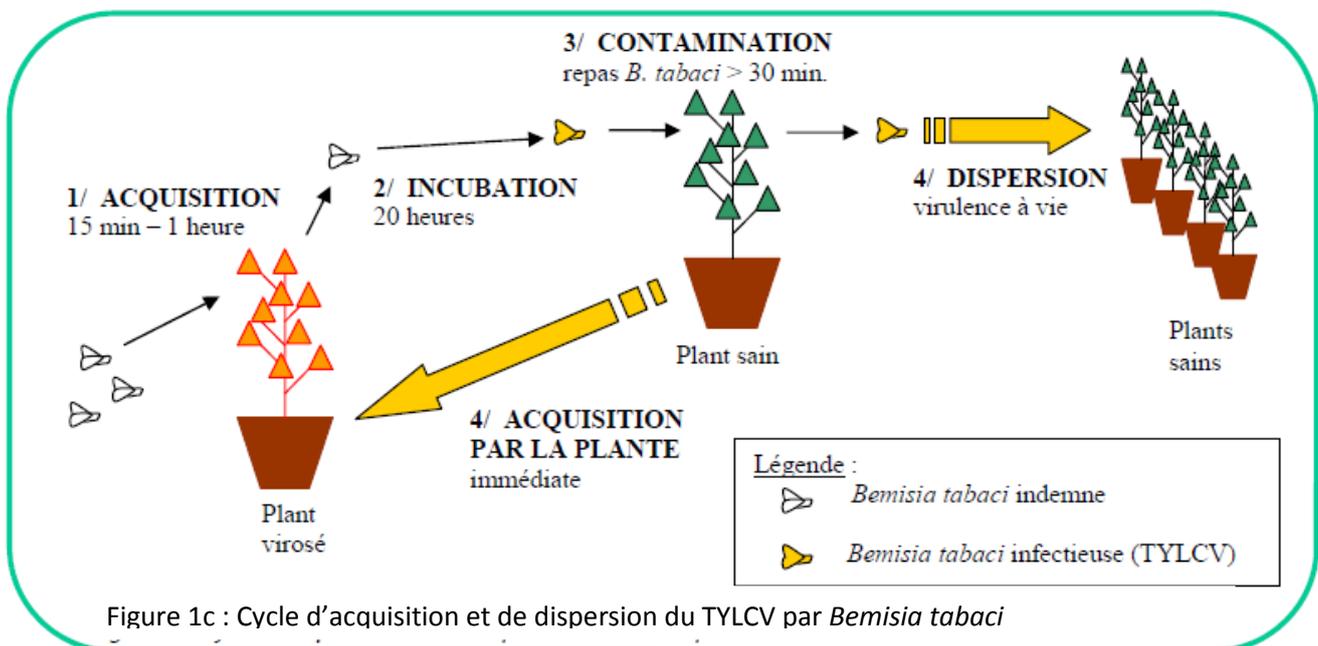


Figure 1c : Cycle d'acquisition et de dispersion du TYLCV par *Bemisia tabaci*

1.2.3. Ecologie

La multiplication de la mouche se passe surtout entre décembre et mars. Dans la zone des Niayes, la mouche peut être présente toute l'année, mais le pic se situe entre décembre et mars (Ciss, 2004). L'humidité relative et la température ambiante sont en rapport avec le nombre

de mouches blanches. Un taux d'humidité variant de 80 à 90% et une température de 36 à 38°C constituent des conditions favorisant le bon déroulement des premiers stades et leur raccourcissement, entraînant ainsi une recrudescence du ravageur. En janvier et février, leur nombre diminue avec les taux d'humidité de 10-16%. Les températures de 90°C font décroître la population et sont mortelles pour les formes larvaires mobiles. En mars, avril et mai la température est très élevée (40°C et plus), le taux d'humidité relative bas (8% à 17%), la population décroît et le taux de mortalité (des œufs et des larves) augmente considérablement (Cauquil, 1993).

I.2.4. Epidémiologie

La taille de la population de *Bemisia tabaci* en début de culture et la présence des plantes hôtes dans l'aire de culture constituent les facteurs déterminants dans l'apparition de la maladie. Ainsi des espèces comme le coton, le gombo, le manioc, les amarantes, l'arachide et d'autres espèces hôtes favorisent la reproduction de la mouche. L'élimination des principales sources d'inoculum serait donc un moyen de contrôle du TYLC. La pratique de la polyculture avec certaines plantes hôtes et dans certaines conditions entraîne une grande sévérité de la maladie en Turquie (Abak et al., 1991). Laterrot, (1990), rapporte que les cultures d'octobre à mars sont les plus affectées par le virus si les jeunes plantes sont préparées en septembre et décembre lorsque la population atteint le maximum.

I.2.5. Dégâts

Il existe trois types de dégâts :

- les lésions directes des plantes par piqûres provoquant des taches chlorotiques sur les feuilles et le rabougrissement de la plante ;
- le dépôt de miellat sur les feuilles qui se couvrent par la suite de fumagine, ce qui a pour effet la diminution de l'activité photosynthétique et la spoliation des fruits ;
- la transmission d'un nombre important de virus dont plus de 53 géminivirus (type le plus redouté). Bosco et Gaggi, (1998), rapportent au niveau de l'insecte un temps minimum d'acquisition de 60-120 mn ; un temps minimum d'inoculation de 15 mn, une période de latence minimum de 17 heures et un temps de rétention maximum de 8 jours.

I.2.6. Moyens de lutte

Les moyens de lutte sont nombreux et peuvent être physiques, chimiques, biologiques, génétiques ou par les pratiques culturales:

- moyens de lutte physiques: ils consistent à protéger les pépinières par l'utilisation de filets « *insect proof* » pour empêcher l'entrée de la mouche, des filets transparents en polyamide, toile Agryl, du paillage avec plastique jaune pour attirer et tuer l'insecte;
- moyens de lutte chimiques: ils mettent à profit l'utilisation d'insecticides qui sont efficaces lorsque les populations ne sont pas très grandes. On peut citer comme produits le Prempt (fenpropathrine-pyriproxifène), Applaud (buprofazine) et Danitol (fenpropathrine);
- moyens de lutte biologiques: il existe des hyménoptères parasites des larves de *Bemisia* et des prédateurs des œufs et des larves tels que *Eretmocerus mundus*, des *Coccinellidae* et des acariens;
- génétiques: l'amélioration génétique des variétés cultivées semble être la méthode la plus efficace contre le TYLC. Des travaux de sélection sont menés par différents instituts publics et établissements privés dans ce domaine;
- pratiques culturales: elles sont nombreuses et visent les dates de semis, la préparation des plants en hauteur, l'exclusion mécanique des mouches blanches par utilisation de pièges, le *roguing* qui est un moyen essentiel de réduction de l'expression du virus dans une culture dont le niveau d'infection initial est bas (Ioannou et Hadjinicolis, 1991).

On peut aussi faire des pépinières en dehors des périodes de risque, ou de les protéger par des plantes pièges

Al Musa, (1982), parlant du précédent cultural, rapporte que semer des concombres quatre semaines avant le repiquage de la tomate diminue l'incidence du TYLC;

- l'irrigation au goutte à goutte réduit la population de mouches et l'incidence du TYLC par rapport à la raie ou à l'aspersion.

Notons que la lutte intégrée associant les pratiques culturales, les traitements insecticides et les variétés tolérantes ou résistantes peut s'avérer intéressante dans le contrôle du TYLC.

I.3. L'AGENT PATHOGÈNE: LE TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS

Le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) ou virus du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles de tomate, appartient au genre *Begomovirus* qui regroupe tous les Gémiovirus transmis par *Bemisia tabaci*.

La famille des *Geminiviridae* est composée de quatre genres de virus qui sont les Mastrevirus, les Curtovirus, les Topocovirus et les Bégomovirus, distincts par leurs propriétés biologiques et par l'organisation du génome (Stanley et al., 2005). Les trois premiers genres ont un génome monopartite et sont transmis aux plantes monocotylédones et dicotylédones par les insectes appartenant à la famille des *Cicadellidae*. Le genre *Begomovirus*, quant à lui, est transmis par les mouches blanches aux plantes dicotylédones et présente un génome bipartite avec deux composants A et B. Cependant certains Bégomovirus comme le TYLCV ne présentent que le composant B (Fauquet et al., 2003).

Les Bégomovirus transmis par la mouche blanche causent des maladies graves sur un bon nombre de cultures économiquement importantes, surtout dans les régions tropicales et subtropicales (Rojas et al., 2005).

Ce type de virus ne peut être transmis que par *Bemisia tabaci* ou la greffe, il n'est pas transmissible par la semence (Laterrot 1996, Anonyme 1999), ni par voie mécanique (Messiaen et al., 1990), ni par le sol (Ioannou, 1991). La caractéristique de l'acide nucléique révèle un ADN circulaire constitué d'un simple brin de 2800 nucléotides contenu dans une capsidie icosahédrique double de 20 x 30 nm. Le virus produit la forme répliquative double brin pour exprimer son génome. Trois caractéristiques définissent ce virus : l'existence d'un seul ADN génomique, sa transmission par la mouche blanche, et son infection des Dicotylédones.

Plusieurs facteurs dont l'extension et la distribution des espèces-hôtes cultivées ou non, favorisent l'épidémiologie des maladies dues aux Bégomovirus (Salati et al., 2002).

Les facteurs écologiques comme la température et la lumière ont une influence sur la multiplication des virus et sur l'expression de leurs symptômes. En général, les signes de la maladie sont plus marqués à basse température, ils s'atténuent ou même disparaissent avec son élévation et on dit que le virus est masqué (Anonyme, 1999). En maintenant des plantes virosées à 37-38°C pendant plusieurs semaines, on peut provoquer à la fois la disparition des

symptômes et celle de plusieurs virus. Bovey, (1979), rapporte que les symptômes sont plus nets aux mois de mars, avril, mai et novembre qu'en plein hivernage.

I.3.1. Historique et extension de la maladie

Le *TYLC* sévit dans de nombreux pays autour du Bassin Méditerranéen, au Moyen- Orient, dans certains pays d'Afrique Soudano-Sahélienne et même dans les pays asiatiques comme la Thaïlande et Taïwan. La maladie a été identifiée pour la première fois en Israël avant son apparition dans le Méditerranéen (Ciss, 2004). La maladie est ensuite décrite en Espagne en 1992, en Belgique en 1996 et en France à partir de 1999.

Au Sénégal, la maladie a été constatée depuis 1976 et elle était localisée principalement dans les régions de Ziguinchor et de Kaolack. Les symptômes de la maladie ont été identifiés en 1980 par le C.D.H sur des cultures de tomate de semis précoce, septembre-octobre (Anonyme, 1999).

I.3.2. Symptômes de la maladie

Le *TYLC* se manifeste par une chlorose entre les nervures des jeunes folioles avec un recourbement du limbe vers le haut, en forme de cuillère ; les feuilles restantes sont de petite taille, les pousses sont érigées et la plante entière prend un aspect rabougri et buissonnant (Alex et *al.*, 1994). La croissance des plantes attaquées est ralentie voire bloquée.

Les symptômes sont visibles au minimum 15 jours après inoculation mais le virus peut être détectable dans la plante infectée par hybridation moléculaire 7 jours après inoculation (Ciss, 2004).

On distingue 2 types de symptômes en rapport avec deux espèces de *TYLCV* décrites dans le Bassin Méditerranéen :

- l'espèce israélienne (*TYLCV-IL*) originaire de l'Est du Bassin Méditerranéen dont les symptômes sont le nanisme de la plante, un jaunissement et un enroulement marqué des feuilles,

- l'espèce sarde (*TYLCV-SAR*) décrite uniquement à l'Ouest du Bassin Méditerranéen et dont les signes sont des feuilles fortement enroulées, avec le bord des folioles dentelé, mais sans jaunissement visible ; la partie apicale de la plante est bloquée, mais les étages inférieurs ne présentent aucun symptôme (Dalmon et *al.*, 2000b).

Remarquons que les symptômes correspondant au TYLCV-SAR sont plus difficiles à identifier que ceux dus au TYLCV-IL, particulièrement sur tomate d'industrie, qui présente souvent une tendance naturelle à l'enroulement.

I.3.3. Agent pathogène

La tomate peut être attaquée par d'autres géminivirus différents du *TYLCV* transmis par cicadelle et qui provoquent des symptômes pouvant prêter à confusion, car ressemblant à la maladie. Cependant, *Bemisia tabaci* est seul capable de transmettre le virus du *TYLC* (Laterrot, 1996; Ciss, 2004).

Il existe des biotypes de *Bemisia tabaci* qui ne peuvent être différenciés qu'en laboratoire par mise en évidence de leurs profils enzymatiques spécifiques (Dellaguistina et al., 1989).

La mouche blanche acquiert le virus dans les vaisseaux du liber en s'alimentant pendant 15 à 30 mn au minimum, dans les tissus de la plante malade (Ciss, 2004). Après un temps de latence de 21 heures, l'insecte peut transmettre le virus par le mode persistant. Cette transmission est possible durant toute sa vie et sur deux générations successives au moins à sa descendance (Ghanim et al., 1998).

I.3.4. Méthodes de lutte

Elles consistent à mener des actions sur le vecteur et sur la culture, comme décrites précédemment. Les virus causent, sur les plantes, des maladies incurables et durables. Ainsi, la recherche agronomique s'est surtout orientée vers la lutte génétique pour trouver des cultivars tolérants ou résistants à la maladie. Beaucoup d'instituts de recherche sont impliqués dans la recherche de variétés tolérantes au *TYLCV* par le biais des espèces sauvages afin de trouver des gènes de résistance :

- le C.D.H en 1980 a introduit une lignée tolérante d'origine israélienne, mais qui, après test, s'est avérée sensible dans nos conditions écologiques (BA, 1990),

- en 1984, le C.D.H en collaboration avec l'INRA d'Avignon et l'INRA Montfavet a obtenu des lignées fixées tolérantes à la maladie. Ce sont des populations « Octotyle », « Duotyle », « Chétyle », « Pertylceg », « Pertylc » et « Pimhirtylc » (Laterrot, 1990),

- de 1992 à 1995, des essais de criblage sur le *TYLC* sont menés par l'ISRA-C.D.H dans Bambey à Ndongol et à Kaolack dans le Niore mais les résultats sont mitigés,

- Ciss, (2004), en étudiant à TROPICASEM le comportement de 10 lignées pures de tomate vis-à-vis du *TYLC* par rapport à un témoin sensible, le Rio Fuego, a retenu, après criblage, des variétés tolérantes et sensibles, ceci constitue une piste d'espoir dans la recherche d'hybrides performants.

Le contrôle des insectes vecteurs de virus est toujours difficile, car ils sont généralement très petits et très mobiles; de plus la prévention de leurs colonies sur les cultures n'est pas aisée (Mason et *al.*, 2000). La lutte chimique contre le vecteur n'est pas à encourager du fait des pollutions de l'environnement qu'elle peut entraîner. L'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes est une bonne piste mais qui ne suffit pas à elle seule. La protection intégrée par l'utilisation de bio pesticides, en rapport avec une bonne connaissance du virus et du vecteur pourrait être un bon moyen de contrôle du *TYLC*, maladie causée par un Bégomovirus.

Environ 1300 espèces de mouches réparties sur un peu plus de 120 genres ont été décrites (Anonyme, 2001b). Seul un petit nombre transmet des virus aux plantes: ce sont les genres *Bemisia* et *Trialeurodes*. Dans le genre *Bemisia*, seul *B. tabaci* a été décrit comme vecteur alors que chez *Trialeurodes*, *T. vaporariorum*, *T. abutilonea* et *T. ricini* transmettent des virus (Jones, 2003).

Les Bégomovirus sont les plus nombreux virus transmis par *Bemisia tabaci*. Ils causent des pertes de rendements de 20 à 100% (Brown et Bird, 1992). Les symptômes peuvent être des mosaïques jaunes, des chloroses, des enroulements foliaires, des rabougrissements, etc. (Anonyme, 2001b).

I.3.5. Biologie moléculaire du *TYLCV*

Le terme de *TYLCV* (*tomato yellow leaf curl virus*) regroupe différentes espèces virales qui provoquent des symptômes de même type sur la tomate (Dalmon et *al.*, 2000b).

Deux espèces sont décrites dans le Bassin Méditerranéen, l'une originaire de l'est où elle est très répandue (Czoneck et Laterrot, 1997), appelée espèce israélienne (*TYLCV-IL*); et l'autre, présente uniquement dans l'ouest, nommée espèce sarde (*TYLCV-Sar*). Cette dernière espèce est très localisée et se rencontre dans l'ouest de la Méditerranée (Credi et *al.*, 1989; Gatitelli et Fial., 1991; Polizzi et Areddia, 1992; Moriones et Arno, 1993) contrairement au *TYLCV-IL* dont la progression intéresse des pays de l'ouest du Bassin Méditerranéen (Louro et *al.*, 1996; Navas-Castillo et *al.*, 1998; Peterschmitt et *al.*, 1999), les Caraïbes (Polston et *al.*, 1994), l'île de La Réunion (Peterschmitt et *al.*, 1999) et les USA (Momol et *al.*, 1999).

L'agro inoculation de disques foliaires a été appliquée pour étudier la réplication du *TYLCV* dans des explants provenant de génotypes sensibles et résistants de tomate. Elle a été évaluée comme une méthode potentielle de sélection dans les programmes de recherche de résistance au *TYLCV*. Dans les disques issus de cultivars sensibles, le brin simple d'ADN et les brins doubles apparaissent entre 2 à 5 jours après inoculation. (Czosnek et al., 1993).

En 1994, Givord et al., (1994), ont montré que des anticorps monoclonaux utilisés dans les tests DAS-ELISA permettent de distinguer les gémivirus originaires d'Afrique, dont le *TYLCV*, de ceux provenant des autres continents du monde. Ces auteurs ont fait remarquer que la détection du *TYLCV* (isolat du Sénégal), par cette méthode, nécessite un tampon d'extraction spécifique contenant un agent réducteur.

L'ADN du *TYLCV* a été amplifié à partir de feuilles, racines et tiges de tomate infectée et de mouche blanche à virus multiples sans besoin de préparer des extraits de tissu ou de purifier des acides nucléiques. Ce procédé est appliqué dans l'étude de l'acquisition du *TYLCV* par le vecteur. L'ADN du *TYLCV* est détecté dans la tête des mouches blanches, moins de 5 mn après le début de l'accès aux aliments sur les plantes de tomate infectée, dans le thorax, après 10 mn et dans l'abdomen, après 25 mn (Atzmon et al., 1998).

La comparaison de l'intensité des signaux obtenus avec *TYLCV*-IL et *TYLCV*-Sar a fourni des indications sur la souche virale détectée (Dalmon et al., 2000a). L'efficacité, la fiabilité et la faisabilité des techniques sérologiques et moléculaires pour des tests officiels de routine sont discutées.

Une méthode rapide de PCR, utilisant une préparation minimale d'échantillon est utilisée au laboratoire pour diagnostiquer des échantillons infectés de *TYLCV*. Cette méthode double permet la détection du *TYLCV*-Is ou du *TYLCV*-Sar (Martinez-Culebras et al., 2001).

En 2002, en République Dominicaine, Salati et al., (2002), en étudiant les niveaux de *TYLCV* dans les mouches blanches par la méthode de PCR, ont établi que l'incidence du *TYLCV* diminuait sensiblement pendant la période de pause de l'hôte pour augmenter progressivement pendant la période de développement de la tomate. Le *TYLCV* persiste chez les mouches blanches et les plants de tomate dans une zone où la période de pause de l'hôte n'était pas implantée. Cette vue d'ensemble sur les réservoirs du *TYLCV* conduit à identifier là où le *TYLCV* persiste pendant la période de pause de l'hôte et révèle des infections sans symptômes chez un nombre d'espèces herbacées.

Au Royaume Uni, Morris et *al.*, (2002), ont détecté le *TYLCV* sur tomate ne présentant pas de symptômes, par PCR, après deux semaines, mais plus aisément après quatre semaines. La PCR était plus sensible que le TAS-ELISA pour la détection du *TYLCV*. Le *TYLCV* a été aussi détecté par PCR dans l'insecte vecteur.

L'étude de la séquence complète de nucléotides de *TYLCV* iranien a fourni une preuve supplémentaire de la recombinaison parmi les Bégomovirus. Cette étude montre que le génome du *TYLCV*-Ir est constitué uniquement d'une molécule d'ADN circulaire à simple brin (Bananès et *al.*, 2004).

En Thaïlande, Sawangjit et *al.*, (2005), ont, par caractérisation moléculaire de l'infection par les géminivirus sur tomate, révélé l'existence de nouvelles souches de *TYLCTHV* nommées (*TYLCTHV*-[CM]1), (*TYLCTHV*-[NK]) et (*TYLCTHV*-[SK]).

L'utilisation massive d'insecticides chimiques (de synthèse) et leurs répercussions néfastes sur l'environnement et l'Homme, ont poussé la recherche vers les produits naturels issus des végétaux comme le *neem*

(Philogène, 1991) ou les microorganismes comme *Bacillus thuriangiensis* (Joug et Côte, 2001).

L'existence de substances anti appétantes chez les plantes comme le *neem* a contribué à mettre au point certaines variétés résistantes (Philogène, 1991).

I.4. LES BIO PESTICIDES

I.4.1. Généralités :

Les bio pesticides peuvent se définir au sens large comme des pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire, des organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie.

Le marché des bio pesticides est à l'état embryonnaire ; la proportion des bio pesticides vendus *versus* les pesticides chimiques n'atteint que 0,25% (Van Lenteren, 2000). Il est donc important de le stimuler et de l'alimenter à l'aide de données scientifiques rigoureuses, propres à favoriser la confiance des utilisateurs.

La plupart des bio pesticides sont composés d'organismes vivants qui ont un spectre relativement restreint de ravageurs cibles ainsi que de température et d'humidité relative à l'intérieur duquel ils

agissent de façon optimale. Il est utopique d'envisager qu'un bio pesticide donné sera efficace dans toutes les conditions, contre tous les ravageurs, sur toutes les cultures et pour tous les systèmes agricoles.

Dans la région des Niayes, Fall et Fall (2001) rapportent que les familles d'insecticides chimiques utilisés sont largement dominées par les organophosphorés (43,6%) suivies des pyréthrinoïdes, des carbamates et des organochlorés avec des pourcentages respectifs de 18%, 14% et 10%.

Après une période d'accalmie autour de 1940, l'utilisation des bio pesticides est redevenue populaire pour les adeptes de l'agriculture biologique. Ils sont utilisés pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (Weinzeirl, 1999). Les pyrèthres servaient pour se débarrasser des poux lors des guerres napoléoniennes (Ware, 1982). Ces produits pouvaient provoquer de nombreux effets sur les mammifères mais, du fait de leur instabilité à la lumière, à l'air et à l'humidité, ces risques étaient considérablement amenuisés. A cause de ces aspects, les pyréthrinoïdes de synthèse ont fait leur apparition (Weinzeirl, 1999). Les huiles ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Elles sont considérées comme atoxiques pour les mammifères, lors d'un usage normal. Aujourd'hui, les huiles sont très utilisées aux Etats-Unis pour la protection des vergers dont certains insectes ravageurs (*Dysaphis plantaginea* et *Panonychus ulmi*) sont devenus résistants à diverses familles d'insecticides (Weinzeirl, 1999). La Seconde Guerre mondiale relégua en arrière plan les produits phytosanitaires d'origine végétale et les pesticides chimiques de synthèse firent leur apparition. Les problèmes de contamination de l'environnement, de résistance des populations de ravageurs et des effets nocifs sur les organismes non visés ont contribué au renouveau d'intérêt pour les molécules présentes dans les végétaux et les agents de contrôle des insectes.

Selon Hall et Menn (1999), le marché mondial des pesticides était évalué en 1995 à environ \$29 milliards USD dont \$388 millions pour les bio pesticides. Toutefois, le taux de croissance du marché prévu pour les bio pesticides serait 10-15% contre 2% pour les pesticides de synthèse, même si les pesticides chimiques de synthèse dominent actuellement les marchés mondiaux (89% des matières actives) (Powell et Justrum, 1993 ; Riba et Silvy, 1993).

La dégradation des bio pesticides dans l'environnement peut se faire *via* différents procédés dont l'hydrolyse, la phototransformation, la photolyse et la biotransformation aérobiques (Arla, 2001 ; Kollman, 2003).

Les plantes pesticides et pestifuges sont nombreuses. Elles peuvent être insecticides, insectifuges, fongicides, acaricides, rodenticides ou rodentifuges, contre les termites, nématicides, limacides et bactéricides.

Dupriez *et al.* (2001), dans leur livre « Champs et jardins sains », recensent plusieurs bio pesticides d'origine végétale que nous avons résumés dans les paragraphes suivants.

I.4.2. Différents types de bio pesticides :

Il existe plusieurs types de bio pesticides selon leurs actions et les organismes sur lesquels ils agissent. On distingue des insecticides et des insectifuges, des fongicides, des acaricides, des rodenticides et des rodentifuges, des nématicides, des limacides, des bactéricides et d'autres contre les termites.

I.4.2.1. Les insecticides et les insectifuges d'origine botanique :

Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (Grainge et Ahmed, 1988). Dès l'Antiquité, les Chinois, les Grecs et les Romains utilisaient des plantes ou extraits de plantes avec du soufre et de l'arsenic (NAS, 1969). Il a été rapporté que les Romains utilisaient des poudres préparées à partir de *Veratrum sp.* comme insecticides et rodenticides tandis que des extraits d'ifs (*Taxus baccata*) ont été utilisés par certains peuples de l'hémisphère nord (Schmutterer, 1992). Sous les tropiques, l'utilisation du *Neem* (*Azadirachta indica* Juss. Meliaceae) est répertoriée depuis au moins 4 000 ans (Larson, 1989). Au XIXe siècle, seuls quelques composés d'origine végétale étaient identifiés et abondamment utilisés comme répulsifs ou produits toxiques parmi lesquels il y avait la nicotine (alcaloïde) et ses dérivés, la roténone, les pyrèthres et les huiles végétales. La nicotine servait à lutter contre les insectes piqueurs-suceurs des plantes vivrières. La roténone s'est révélé un composé phytosanitaire du plus haut intérêt.

Le bulbe d'Ail (*Allium sativum*), les cendres d'*Acacia nilotica* et du filao (*Casuarina equisetifolia*) ; les écorces et les graines de *Balanites aegyptiaca* ; les feuilles, les tiges et le latex de *Calotropis procera* ; les feuilles et le latex de *Euphorbia balsamifera* et de *Euphorbia hirta* ; les feuilles, les graines et les cendres de *Lantana camara* ; les feuilles, les graines de *Neem* (*Azadirachta indica*) ; les feuilles de papayer (*Carica papaya*) ; les fruits mûrs et graines de piment (*Capsicum frutescens*) ; les graines du pourghère (*Jatropha curcas*) ; les fruits mûrs et verts de ricin (*Ricinus communis*), les feuilles, nervures et tiges du tabac (*Nicotiana tabacum*) etc. sont autant d'insecticides ou insectifuges d'origine botanique.

I.4.2.2. Les fongicides :

On peut citer l'Ail, le Neem, le Papayer, le Ricin, le Tabac, les feuilles de *Moringa oleifera*, la pelure et les feuilles de l'oignon (*Allium cepa*) etc.

Au Sénégal, en 1997, Camara (1997), a montré que la poudre des feuilles d'*Azadirachta indica*, de *Moringa oleifera* et de *Carica papaya* enfouie dans le sol, permettait de diminuer sensiblement les taux d'infestation d'un champignon tellurique, *Pyrenochaeta terrestris*, responsable de la maladie de la racine rose de l'oignon, et que les résultats obtenus étaient comparables à ceux de deux fongicides de synthèse très efficaces : le carbendazime (Bavistine) et le Thiophanate-méthyl (Pelt 44).

I.4.2.3. Les acaricides :

Les tubercules de *Curcuma domestica* ; la gomme de *Acacia nilotica* ; le *Neem* et le tabac etc, peuvent être utilisés.

I.4.2.4. Les rodenticides et les rodentifuges :

On peut citer le latex de *Calotropis procera*, les fruits verts et les tourteaux de *Ricinus communis* et les fruits de *Thevetia nerifolia*.

I.4.2.5. Contre les termites

Les plantes comme le Papayer, l'Ail, le *Calotropis*, les Euphorbes, le Tabac et *Tephrosia* sont efficaces

I.4.2.6. Les nématocides :

On peut citer le Neem, le Ricin, les graines de *Crotalaria ochroleuca* entre autres.

I.4.2.7. Les limacides :

Dans ce cas on peut utiliser les écorces ou graines de *Balanites aegyptiaca* ou bien les graines de *Jatropha curcas*.

I.4.2.8. Les bactéricides

Toute la plante de *Moringa*, les fruits et les graines du piment rouge (*Capsicum annum*) et les bulbes d'Ail peuvent être utilisés.

Une étude en laboratoire a démontré que la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* est efficace contre *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *E. coli*. La même étude a montré que les graines sont aussi efficaces dans le traitement de *S. aureus* que la Néomaycine, antibiotique de synthèse.

En 1991, Càceres (1991), a obtenu des résultats similaires en utilisant une solution extraite des racines de *Moringa*

I.4.3. Substances actives des bio pesticides

D'après Kuiseu, (2004), toutes les parties de *Azadirachta indica* peuvent être utilisées pour la protection des cultures, mais ce sont les graines qui contiennent la plus grande teneur en substances actives (les azadirachtines A et B, la solanine, le mélianthriol et la nimbine). L'azadirachtine est la principale matière active et sa teneur dans les graines est comprise entre 2 et 9 mg/g. Pour l'auteur, les produits à base de *Neem* agissent comme insecticide, anti-appétant, inhibiteur de croissance, nématocide, fongicide et antiviral, les cibles s'intoxiquent par ingestion ou par voie systémique.

D'après TidjaniI et *al.*, (1982), les feuilles analysées contiendraient de la vitamine C, des carbures, des alcools aliphatiques, des stérols dont le nimbstérol ou β -sito-stérol et des tanins.

D'autres triterpénoïdes répulsifs des insectes sont signalés dans les fruits, leur chef de file est l'azadirachtine, efficace contre une trentaine d'espèces d'insectes des cultures. Selon Harbone, (1988), les triterpènes telles que les cucurbitacines sont vomitives et purgatives. Elles découragent la prise alimentaire et repoussent la plupart des insectes phytophages. Les molécules allélochimiques végétales de défense agissent sur les insectes, les nématodes, les microorganismes pathogènes (champignons et bactéries), ainsi que les plantes d'autres espèces (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

Le puceron *Schizaphis graminum*, élevé en présence de flavonoïdes tirés des végétaux, présente une fécondité limitée et sa progéniture est moins viable (Strebler, 1989). La lutéoline 7. glucoside (flavone) et l'acide rosmarinique (acide cinnamique); provoquent une perturbation du comportement du coléoptère, *Acanthroscelides obectus*, en inhibant sa motricité avant de provoquer sa mort (Regnault-Roger et *al.*, 2002). Bily et *al.*, (2003), ont montré, en 2003, que des polyphénols comme l'acide férulique, participent, à un réseau moléculaire sous forme de dimères présents dans la paroi des graines de maïs (*Zea mays*) et constituent une barrière mécanique et chimique à l'invasion du champignon phytopathogène, *Fusarium graminearum*.

Le suc des feuilles fraîches inhibe *Pseudomonas aerinosa* (Càeceres *et al.*, 1990) ; l'extrait des feuilles arrête l'évolution du champignon *Basidioidolus haptosporus* et *B. ramarum* (Nwosu et Okafor, 1995).

Des recherches menées dans plusieurs laboratoires du monde ont permis d'identifier les principes actifs du *Neem* et d'en connaître leurs effets physiologiques. Aussi, il a été démontré que plus de 125 espèces d'insectes étaient sensibles au *Neem* et à ses molécules (Helson, 2001). Parmi les formulations à base de *Neem*, on peut citer le Relin et le Wellgro, utilisés pour le contrôle d'une maladie virale, la mosaïque du tabac (Philogène, 1991).

Les travaux de Coudrier *et al.*, (1985), de Nardo *et al.*, 1997), de De Souza et Vandramin, (2000), ont montré que les extraits de *Azadirachta indica* (*Neem*) et de *Melia azadarach* affectent la fécondité et la mortalité de *Bemisia tabaci*. L'activité biocide des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits des fruits de *Capsicum frutescens*, sur la survie des œufs et des adultes de *Bemisia tabaci*, infestant les plants de tomates, a été étudiée en conditions contrôlées. Ce sont les alcaloïdes qui se sont avérés les plus toxiques par rapport aux autres substances. Cependant le temps léthal 50% (TL₅₀) qui provoque plus de 50% de morts ne permet pas d'éviter l'inoculation du TYLCV par les adultes virulifères (Bouchelta *et al.*, 2005).

Deux champignons entomopathogènes *Paecilomyces fumosoreus* et *Lecanicillium lecanii*, employés comme bio pesticides ont été testés sur les œufs et les larves de 1^{er}, 2^e, 3^e et 4^e stades pour le contrôle de *Bemisia tabaci* sur haricot (*Phaseolus vulgaris*). Les résultats obtenus 14 jours après leur application, ont montré une efficacité du traitement de plus de 60% (Espinell *et al.*, 2009).

Ces différents résultats de la recherche autorisent à tester des extraits naturels de plante, surtout du *Neem*, pour le contrôle intégré de *Bemisia tabaci*, dans la lutte contre le TYLC.

CHAPITRE II : PRESENTATION DU SITE, MATERIEL ET METHODES

II.1. PRESENTATION DU SITE:

Les expérimentations que nous avons réalisées ont pour site, la station d'expérimentation de l'ISRA-C.D.H, située à Sangalkam, dans la commune de Rufisque (Figure 1d), à environ 40km de la ville de Dakar.

Les coordonnées géographiques du site sont :

Latitudes 14° 46 N, Longitude : -17° 13 W, Altitude : 19m.

II.1.1. Caractéristiques agro climatiques du site :

Le site présente un climat subcanarien et comporte trois types de saisons :

- une saison chaude et pluvieuse qui couvre la période allant de juin à octobre, avec des températures moyennes variant entre 25 et 30°C et une humidité relative entre 73 et 83 %. La moyenne pluviométrique enregistrée ces dix dernières années varie entre 400 et 500mm, dont une grande partie est reçue entre les mois d'août et septembre;
- une contre saison fraîche qui s'étend de novembre à avril, durant laquelle les températures moyennes varient entre 19 et 23°C avec l'influence du courant marin froid provenant des îles Canaries. Cette saison correspond à la principale campagne maraîchère par excellence;
- une contre saison chaude couvrant la période d'avril à juin. Les vents sont de secteurs nord-est avec une vitesse moyenne de 2,5 m/s. A partir du mois de mai, ces vents soufflent d'abord vers l'ouest, le sud-ouest et enfin vers le sud. Ce sont ces vents du sud qui apportent la pluie à partir de la fin du mois de juin ou au début du mois de juillet.

II.1.2. Contexte pédologique du site :

- La station de Sangalkam se situe dans la région agro écologique des *Niayes*. Cette région est une zone d'horticulture par excellence, avec des dépressions naturelles interdunaires qui s'étendent de Dakar à Saint-Louis et qui sont caractérisées par des sols organiques semi tourbeux (sur les bas-fonds) et dunaires (Dior) sur les flancs. La station de Sangalkam présente des sols particulièrement riches en matières organiques

et de type noir argileux. Les températures moyennes sont comprises entre 25-35°C (source service météorologique Dakar-Yoff, 2005-2006).

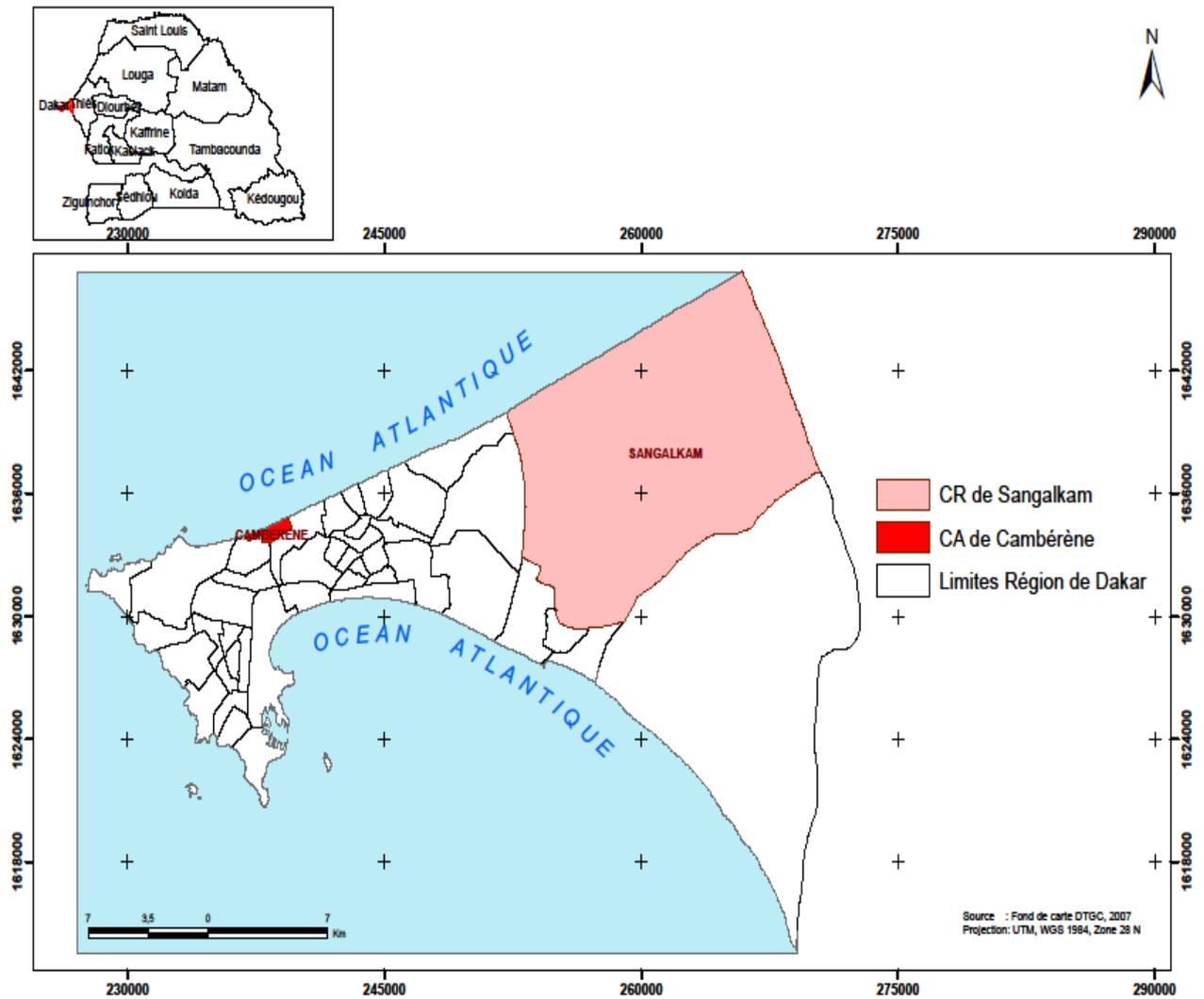


Fig.1d : La station de recherche ISRA - CDH de Sangalkam dans la région de Dakar

II.2. MATERIEL ET METHODES:

Les méthodes d'étude ont porté sur:

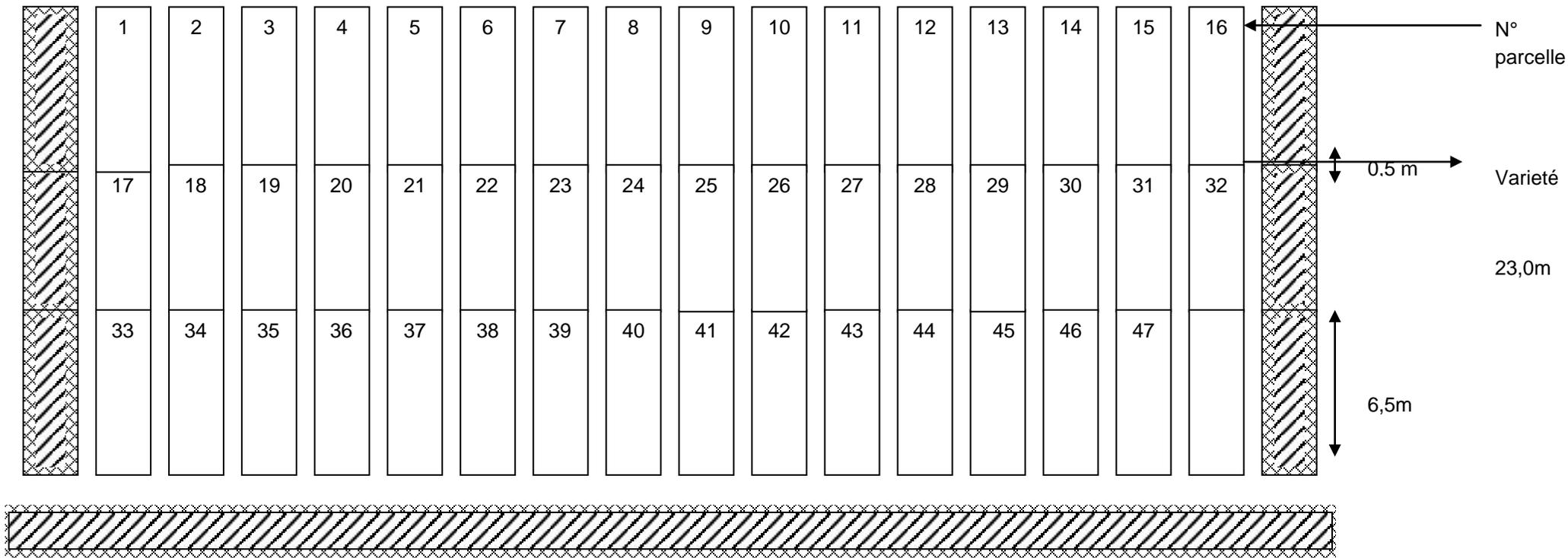
- le criblage de 38 variétés de tomates d'origines diverses, à partir d'un essai non répété, pour évaluer leurs comportements vis-à-vis du *TYLC*. Parmi elles, des variétés connues pour leur caractère résistant, tolérant ou sensible ont servi de témoins;
- le criblage de 41 variétés de tomates d'origines diverses, à partir d'un essai non répété, pour évaluer leurs comportements vis-à-vis du *TYLC*. Parmi elles, des variétés connues pour leur caractère résistant, tolérant ou sensible ont servi de témoins;
- la confirmation, à partir d'un essai randomisé à 3 répétitions, de la résistance de 12 variétés de tomates issues du *screening* des 41 variétés,
- l'évaluation de la performance de variétés révélées résistantes et identifiées au cours des essais précédents,
- l'évaluation de la performance de ces mêmes variétés en milieu réel (milieu paysan),
- la comparaison des performances obtenues de ces variétés en station et en milieu paysan, à partir des variables telles que l'incidence du *TYLC*, sa sévérité, l'alternariose et les rendements,
- la recherche de substances naturelles permettant de contrôler la mouche blanche (*Bemisia tabaci*), vecteur du *TYLCV*, et d'autres nuisibles de la tomate, éventuellement,
- la confirmation de l'efficacité de 4 substances naturelles prometteuses issues de l'essai préliminaire sur la protection intégrée du *TYLC*,
- le séquençage de la souche infectante responsable de la virose dans la zone d'étude,
- l'identification morphologique du vecteur.

II.2.1. Evaluation du comportement de 38 variétés de tomates d'origines diverses vis-à-vis du *TYLC*

Pour ce premier essai, nous avons utilisé 38 variétés d'origines diverses dont deux (2) témoins sensibles, Xina et Roma VF, et un témoin tolérant, Nadira (Annexe I) :

Le dispositif utilisé est un bloc simple sans randomisation. La parcelle élémentaire est de 6,5m x 1,5m, les écartements sont de 0,5m sur la ligne et 0,6m entre les lignes.

Le nombre de plantes par parcelle élémentaire est de 26. Le témoin Roma VF est en même temps une variété de garde servant à séparer toutes les cinq (5) parcelles élémentaires dans le but de faciliter l'infection (**DISPOSITIF 1**).



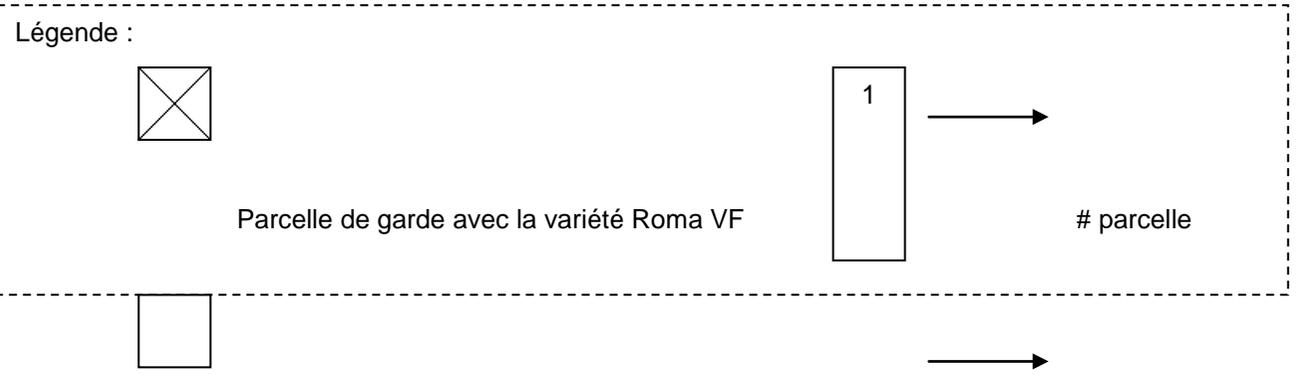
35,5m

35,5m

Dimension de la parcelle : 35,5 m x 23,0 m

Superficie de la parcelle : 816,5 m²

DISPOSITIF EXPERIMENTAL 1



DISPOSITIF EXPERIMENTAL 1

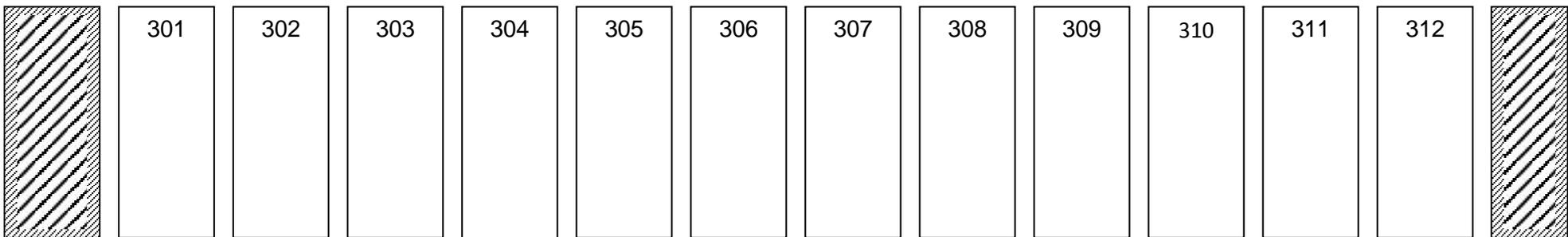
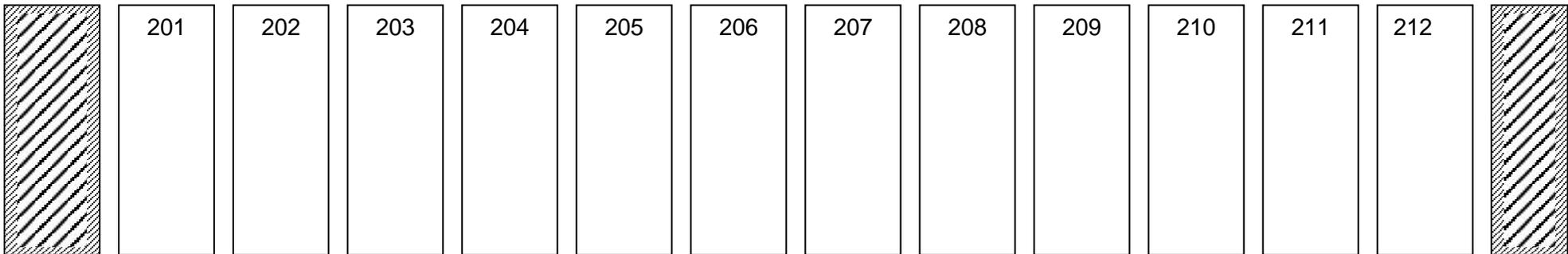
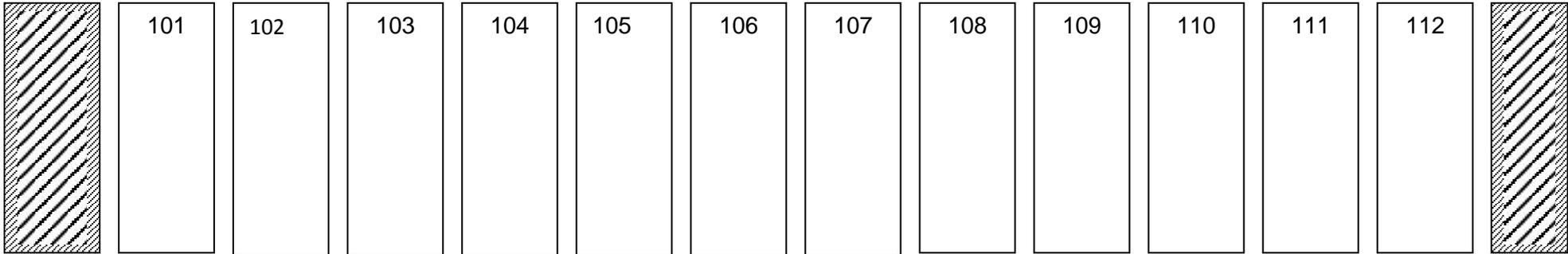
II.2.2. Evaluation du comportement de 41 variétés de tomates d'origines diverses vis-à-vis du *TYLC*

Pour ce deuxième essai, nous avons utilisé 41 variétés d'origines diverses dont deux (2) témoins sensibles, Xina et Roma VF, et un témoin tolérant, Nadira (Annexe II). Le dispositif est le même que pour les 38 variétés.

II.2.3. Confirmation de la résistance de 12 variétés de tomates issues du screening des 41 variétés

Pour ce troisième essai, les 12 variétés prometteuses sont Atack, Bybal, Chenoa, TY 75, Gempride, Industry DR 10403, Lety F1, Ponchita, Realeza, Thoriya, Yosra et FTC 6236. A ces variétés nous avons ajouté les deux témoins sensibles, Roma VF et Xina (Annexe III).

Le dispositif utilisé est un bloc complètement randomisé avec trois répétitions. La parcelle élémentaire est de 6,5m x 1,5m, les écartements sont de 0,5m sur la ligne et 1,20m entre les lignes. Le nombre de plantes par parcelle élémentaire est de 36 (**DISPOSITIF 2**)



Ligne
de
garde



DISPOSITIF EXPERIMENTAL 2

II.2.4. Comparaison des performances obtenues en station et en milieu réel.

Pour cet essai, 2 groupes de 6 variétés +1 témoin sensible (Xina) sont utilisés.

Les variétés du premier groupe sont : Gempride, Atack, Yosra, FTC6236, Realeza et Leyti F1.

Les variétés du deuxième groupe sont : Athyla, Dennolino, Espadiha, Porfyrla, Sensei et TY-75

II.2.5. Essai préliminaire sur les substances naturelles:

Pour cet essai, nous avons utilisé la variété sensible Xina.

Le dispositif est un bloc simple sans randomisation comprenant 13 parcelles de 6m sur 1,5m chacune, les écartements sont de 0,5m sur la ligne et 0,6m entre les lignes. Le nombre de plants par parcelle est de 24 plants. Chaque parcelle représente un traitement, soit un total de 13 traitements. Ces traitements sont : T0 (témoin absolu, pépinière non protégée, aucun traitement), T1 (témoin non traité, pépinière protégée par le voile AGRYL P17), T2 (extraits aqueux de graines de « *Neem* », 25g/l d'eau), T3 (poudre de feuilles d'*Eucalyptus*, 15g/l d'eau), T4 (extraits aqueux de fruits concassés de *Jatropha curcas*, 2g/l d'eau), T5 (feuilles fraîches de *Carica papaya*, 1kg broyées dans 10l d'eau), T6 (ail, 5g/l d'eau), T7 (cendres de bois, 200g/l d'eau), T8 (poudre de feuilles de *Moringa oleifera*, 25g/l d'eau), T9 (extraits aqueux de fruits de *Balanites aegytiaca*, 7,5g/l d'eau), T10 (huile de « *Neem* »), 10 ml/l d'eau), T11 (témoin standard au Mospilan plus 388EC dont les matières actives sont cyperméthrine, acétamipride et triazophos) et T12 (poudre de feuilles de « *Neem* », 25 g/l d'eau).

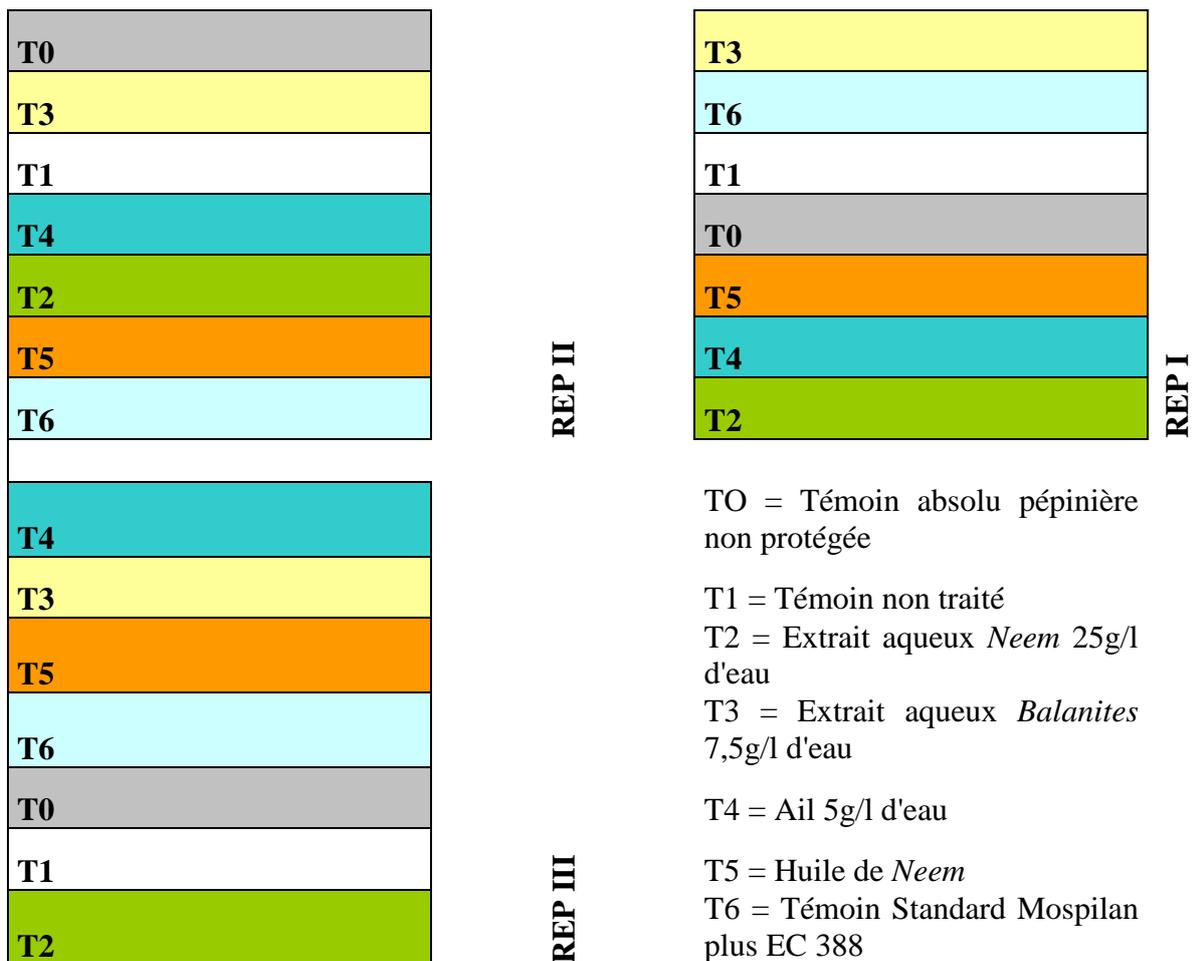
Les traitements se font tôt le matin ou tard le soir, deux fois par semaine.

De l'eau savonneuse est ajoutée dans la solution comme mouillant.

En ce qui concerne les poudres utilisées, les feuilles des plantes concernées sont séchées à l'ombre pendant quelques jours avant d'être pilées dans un mortier. Le produit obtenu est ensuite tamisé puis soigneusement conservé dans des sachets en plastique.

II.2.6. Essai randomisé utilisant les 4 substances naturelles:

La même variété Xina est utilisée et le dispositif est un bloc complètement randomisé avec trois répétitions et sept traitements. Le nombre de plantes par parcelle élémentaire est de 36 (**DISPOSITIF 3**).



DISPOSITIF EXPERIMENTAL 3

Les traitements sont : TO (témoin absolu, pépinière non protégée, aucun traitement), T1 (témoin non traité, pépinière protégée avec un voile AGRYL), T2 (extrait aqueux de *Neem*, 25g/l d'eau), T3 (extrait aqueux de *Balanites*, 7,5g/l d'eau), T4 (extrait aqueux d'ail, 5g/l d'eau), T5 (huile de *Neem*, 10ml/l d'eau), T6 (témoin standard, Mospilan plus EC 388).

II.2.7. Identification moléculaire du virus infectant les feuilles de tomate provenant du site d'expérimentation:

Un échantillon de feuilles de tomate atteintes de *TYLC* a été prélevé dans la région de Dakar, à Sangalkam, desséché à l'étuve à 35°C, et envoyé au CIRAD de Montpellier. L'ADN total de 43 mg de ces feuilles desséchées a été extrait à l'aide d'un kit d'extraction Dneasy plant de la société Qiagen (S.A., Courtabœuf).

-Amplification PCR sur 1 µl d'extrait dilué au 1/10, 1/50 et 1/100, avec les amorces TY1 et TY2. Ces amorces ont été décrites par Accotto *et al.*, (2000) pour amplifier un fragment de 580 paires de bases (pb) du gène codant pour la protéine de capsid. Ces amorces sont dégénérées pour permettre l'amplification du génome de virus appartenant à plusieurs espèces de bégomovirus et en particulier ceux qui sont présents en Europe.

	x 1	[initiale]	[finale]
ADN	1		
TY1	0,5	10 µM	0,2 µM
TY2	0,5	10 µM	0,2 µM
TP 5x	5	5 x	1 x
MgCl2	2	25 mM	2 mM
DNTP	1,25	2 mM	0,1 mM
H2O	14,5		
Go Taq Hot Start Polymerase Promega	0,25	5 U/µl	0,6 U
	24		
vol reaction	25		

	95°C	5 min	
<u>Cycles :</u>	95°C	1 min	} x 35
	57°C	1 min	
	72°C	1 min	
	72°C	5 min	
	stock	15°C	

Les conditions d'amplification sont les suivantes :

- La taille des produits d'amplification est déterminée par leur migration électrophorétique sur un gel d'agarose de 1,5%, préparé dans du tampon TAE.

- Les produits d'amplification présentant la taille attendue de 580 pb sont découpés et extraits du gel pour les séparer des produits d'amplification « parasites » de tailles différentes. Cette purification permet d'améliorer l'efficacité du séquençage. Cette étape de purification et d'élution à partir du gel a été réalisée à l'aide du kit « Wizard SV Gel and PCR Clean up system » de la société Promega.

- le fragment purifié a été séquençé par la société Cogenics. Pour augmenter la fiabilité du séquençage, les deux brins du fragment d'ADN ont été séquençés et ceci avec les deux amorces utilisées pour la PCR, TY1 et TY2.

- La qualité des électrophorégrammes issus du séquençage a été vérifiée à l'aide du logiciel Chromas (Technelysium Pty Ltd). Les séquences ont été alignées à l'aide du logiciel DNAMAN (version 5,0, Lynnon BioSoft, Quebec, Canada). L'arbre et la matrice des distances ont été obtenus avec des distances de Jukes et Cantor. Les comparaisons avec les séquences disponibles dans la banque de séquences ont été faites avec le logiciel Blastn disponible dans GeneBank.

II.2.8. Identification morphologique du vecteur

Pour caractériser les différentes espèces de mouche blanche sur tomate dans les *Niayes* du Sénégal, les adultes et les *puparia* de l'insecte correspondant au dernier stade larvaire, ont été utilisés.

La méthode d'identification morphologique utilisée est la méthode officielle d'analyse des aleurodes d'intérêt agronomique du Ministère français de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche (www.agriculture.gouv.fr , mai 2011). Cette méthode permet l'identification de *Bemisia tabaci* par observation au microscope photonique des caractères morphologiques des *puparia* montés entre lame et lamelle.

II.2.8.1. Echantillonnage des *puparia* et adultes de la mouche blanche

Les échantillons ont été récoltés au hasard, sur les feuilles d'une variété de tomate « Xina » (*Lycopersicon esculentum* Mill), présentant les symptômes viraux du *Tomato Yellow Leaf Curl* (TYLC). Ils ont été prélevés au mois de janvier, au niveau des parcelles expérimentales de tomate de Sangalkam, dans la région de Dakar. Ce qui correspond à la période de forte infestation des parcelles de tomate par les mouches blanches. Les échantillons ainsi collectés ont été soigneusement mis dans de l'alcool à 70° avant d'être acheminés au niveau de l'unité

d'entomologie et de plantes invasives du Laboratoire de la Santé des Végétaux de Montpellier (France) pour identification.

II.2.8.2. Préparation et montage microscopique permanent des spécimens

Pour la préparation et le montage des spécimens, les étapes de la partie A de la méthode d'analyse officielle utilisée et mentionnée ci-dessus est synthétisée ci-après, en fonction des deux cas de coloration considérés pour l'identification à partir de *puparia*:

- Cas de *puparia* pâles et exuvies vides

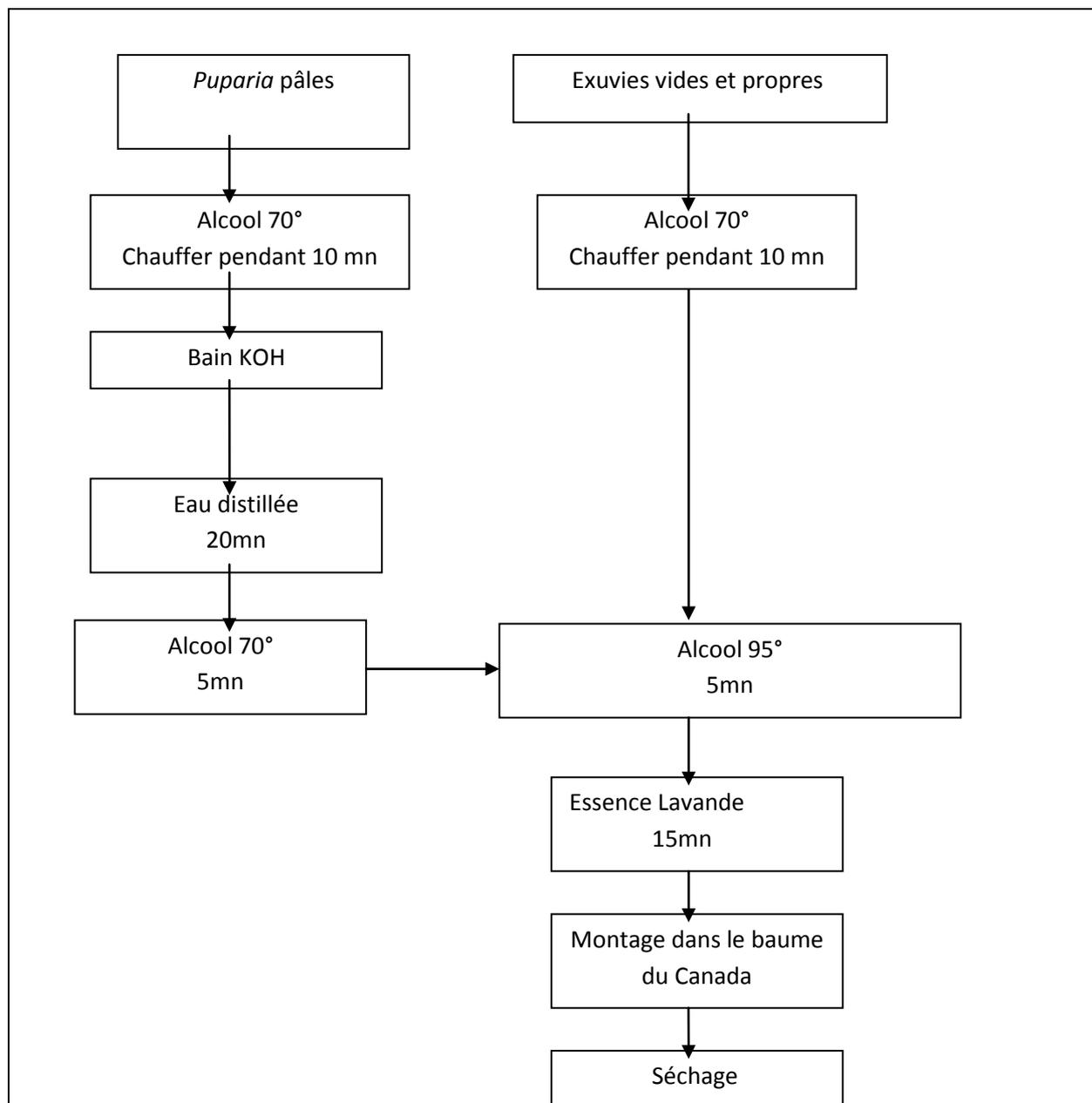


Fig.1e : Schéma du processus de préparation et montage permanent de puparia pâles et des exuvies vides. NB : les temps ici sont à titre indicatif (d'après la partie A de la méthode officielle d'analyse du Ministère français de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche (www.agriculture.gouv.fr), mai 2011).

- Cas de *puparia* bruns ou foncés et exuvies vides

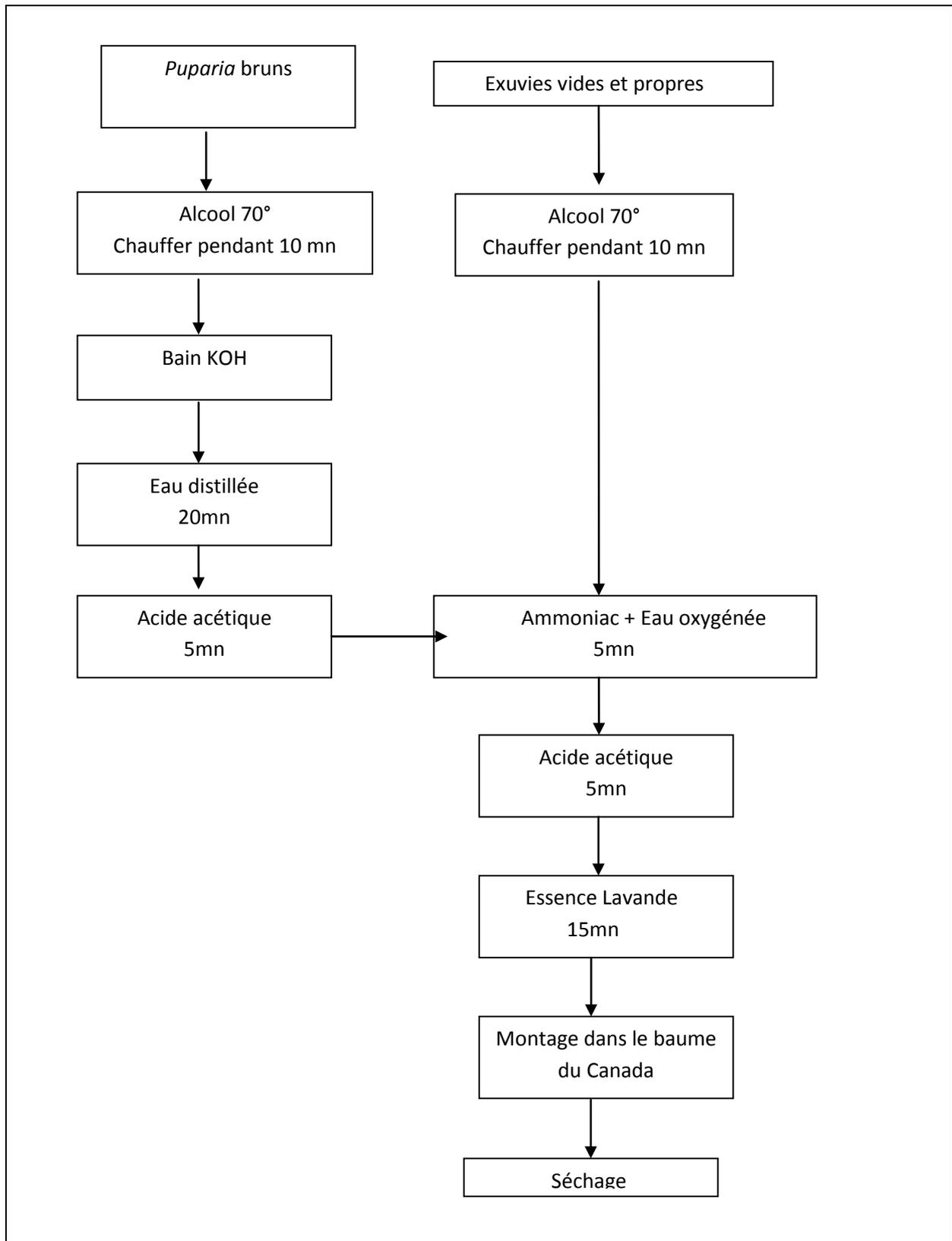


Fig.1f : Schéma du processus de préparation et montage permanent de puparia bruns ou foncés et des exuvies vides.

NB : les temps ici sont à titre indicatif (d'après la partie A de la méthode officielle d'analyse du Ministère français de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche (www.agriculture.gouv.fr), mai 2011)

II.2.8.3. Caractéristiques morphologiques d'identification des *puparia*

La variabilité morphologique des *puparia* est importante et dépend en particulier du support végétal. L'existence de races ou biotypes a été mise en évidence dès 1950 pour la description des populations de *Bemisia tabaci* associées à des plantes hôtes spécifiques et dotées de capacités de vecteur de virus. En 1980, une nouvelle évolution de biotype B hautement polyphage et très fécond a été trouvée et désignée « biotype B » nommé *Bemisia argentifolii* (Belows et Perring, 1994 ; Brown *et al.*, 1995). Ces biotypes sont morphologiquement très proches et difficiles à différencier. Toutefois, leur faculté à induire certains symptômes, à transmettre certains virus et la spécificité de leurs hôtes peuvent aider à les distinguer.

La taille, la forme et la pilosité sont également variables et ne présentent aucune valeur taxonomique. Les critères sélectionnés pour l'identification correspondent à ceux qui varient le moins (Fig.3).

II.2.8.4. Processus d'identification et application de la partie B de la méthode officielle

Avec l'expérience, il est possible d'identifier la mouche blanche *B. tabaci* à partir de *puparia* à l'aide d'un microscope à faible éclairage sans montage permanent qui serait nécessaire particulièrement pour la conservation et/ou confirmation d'expert. Les réponses aux questions formulées sur les caractères observés permettent d'identifier positivement ou négativement les espèces et souches d'aleurodes dans les échantillons analysés.

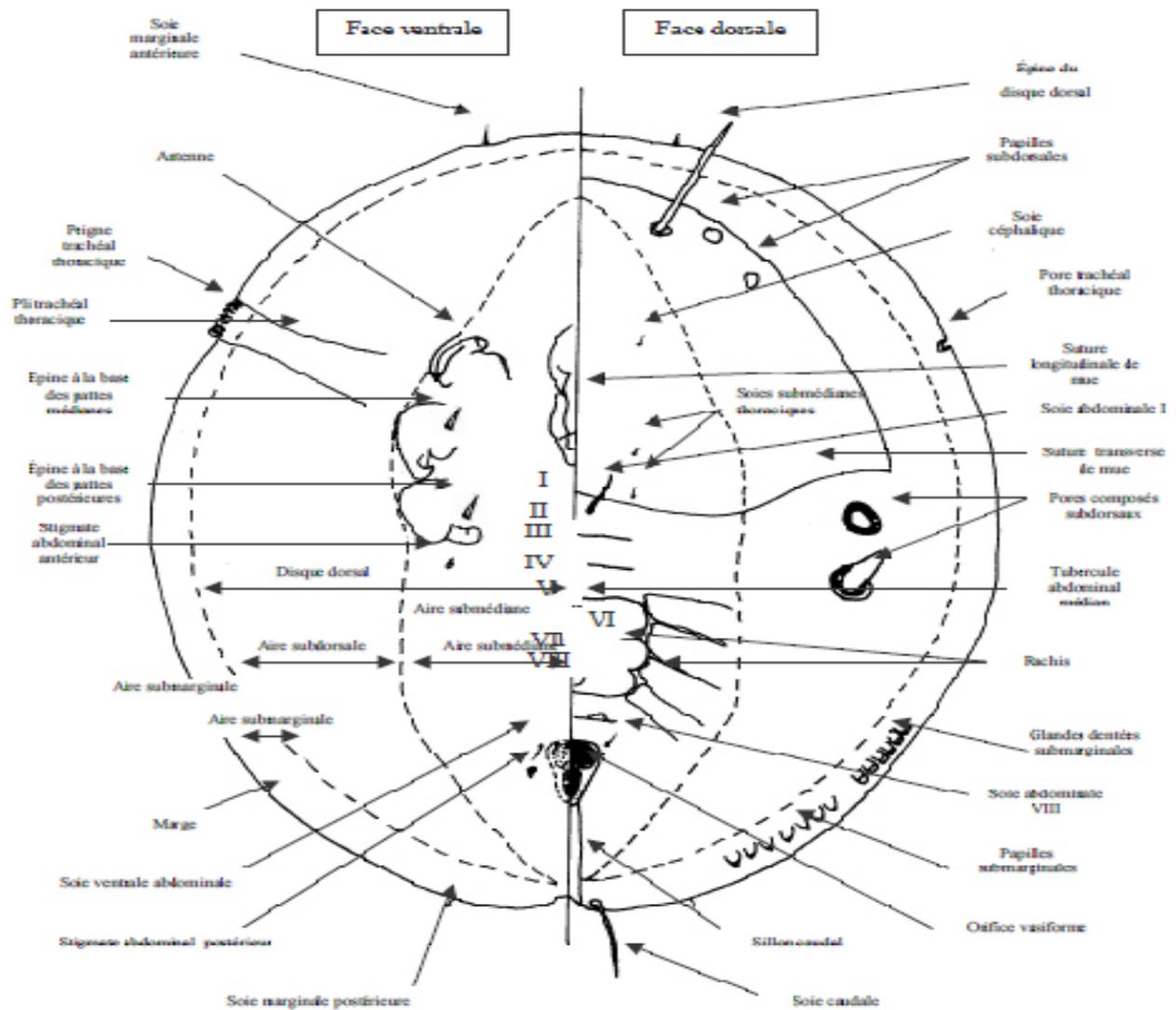


Fig. 2a : Caractères morphologiques utilisés pour la description d'un puparium d'aleurode (d'après Martin et al., 2000)

II.2.9. Collecte des données: observations et mesures

Les variables observées et mesurées sont l'incidence et la sévérité de la maladie, et les rendements en T/ha des différentes variétés.

Une échelle d'observation à 5 classes (1, 2, 3, 4 et 5) est adoptée. Cette échelle est de Moshe Lapidot, modifiée par Corneil University (Photo C).

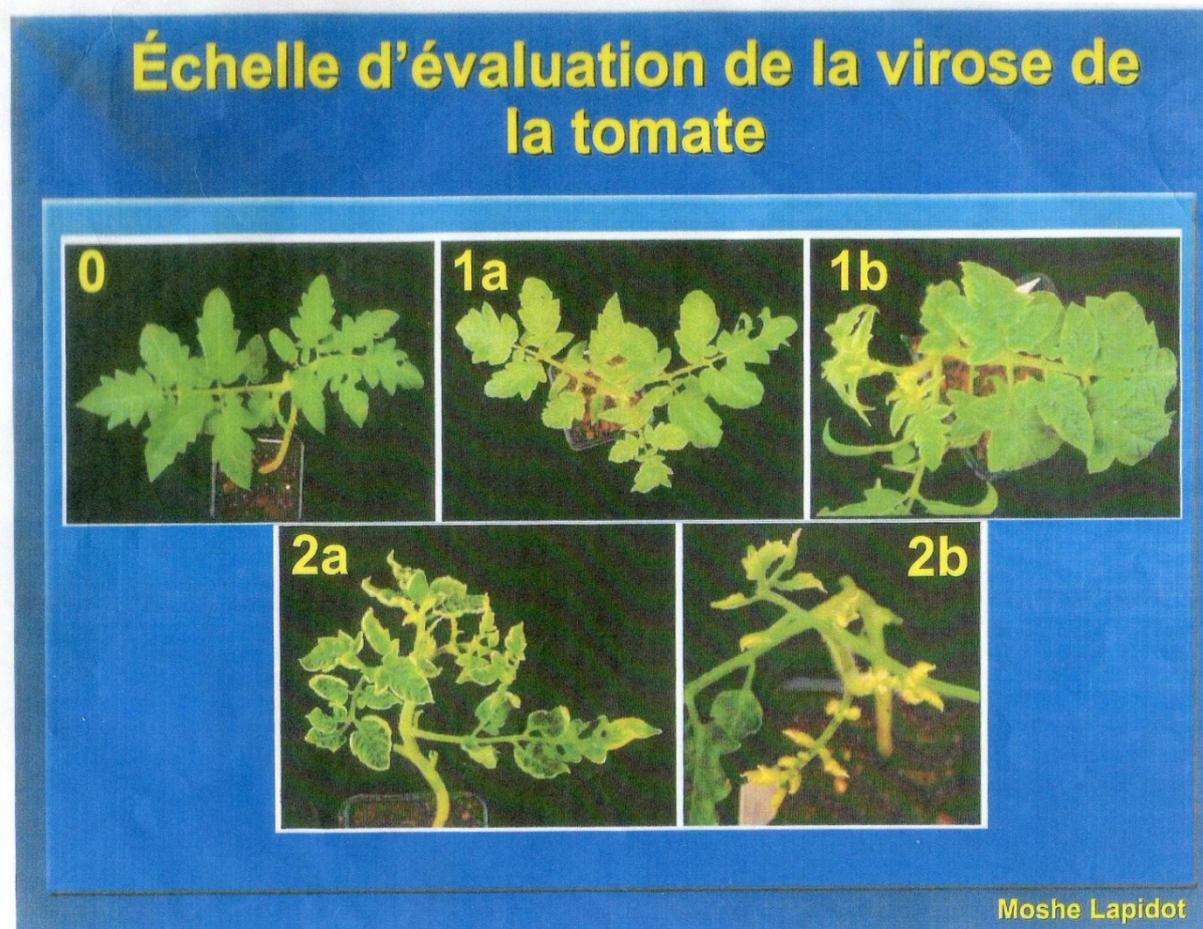


Photo C: Echelle d'évaluation de la sévérité (d'après Moshe Lapidot)

1(0): pas de symptôme

2(1a): léger enroulement

3(1b): Enroulement important avec ou sans jaunissement

4(2a): enroulement important avec jaunissement important

5(2b): enroulement important + jaunissement + rabougrissement ou mort de la plante

Un indice moyen de sévérité est calculé pour chaque variété en utilisant la formule suivante :

$$S (\%) = \frac{\sum_{i=0}^5 Y_i (i - 1) \times 100}{N (5 - 1)}$$

$$N (5 - 1)$$

S: sévérité de la maladie

i: catégorie de l'échelle

Y_i: nombre de plantes de la classe i

N: nombre total de plantes

L'incidence est calculée à partir de la formule suivante :

$$I (\%) = \frac{PA \times 100}{PT}$$

I: incidence de la maladie

PA: nombre de plantes attaquées ou mortes

PT: nombre total de plantes à la plantation

Pour l'essai utilisant les 12 variétés prometteuses une échelle de sévérité (0-4) est adoptée. Les plants sont notés individuellement. Un indice moyen de sévérité est calculé pour chaque variété en utilisant la formule suivante :

$$S_m = \frac{\sum S_i \times N_i}{\sum N_i}$$

Où: S_m est l'indice moyen de sévérité

S_i est la i^{ème} note sur l'échelle

N_i est le nombre de plants ayant reçu la note S_i

Les autres variables mesurées sont :

1. Le rendement total et le rendement commercialisable en T/ha
2. Le nombre de plants récoltés
3. Les composantes de rendement suivantes en choisissant au hasard trois plants de tomate par parcelle :
 - a. Le nombre de fruits/plante et le nombre de fruits/grappe
 - b. En prenant au hasard 15 fruits il a été mesuré pour chacun, la longueur moyenne, la largeur moyenne et le poids moyen.
4. Une notation est faite sur les maladies et insectes qui attaquent les plantes

5. Les données sur le site de l'essai, le type de sol, le type d'irrigation et les conditions météorologiques sont mentionnées.
6. Une autre notation est également faite sur les quantités d'engrais ou de pesticides appliquées.

Les observations sont faites à 3 dates : à la floraison, à la fructification et après la première récolte

Autres observations phytosanitaires :

Elles sont faites la veille de chaque traitement, sur les principaux ennemis de la tomate et leurs dégâts, et principalement sur la mouche blanche selon la méthodologie suivante :

- pour le nombre de mouches blanches : 5 plantes sont prises au hasard par parcelle élémentaire. Sur chacune de ces plantes, les mouches sont comptées sur 10 feuilles prises au hasard.
- la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) : le nombre de chenilles vivantes est compté comme pour la mouche blanche. En plus, le nombre de feuilles et fruits attaqués par la noctuelle est compté.
- la mouche mineuse (*Liriomyza trifolii*) : le nombre de feuilles attaquées ainsi que celui des chenilles vivantes sont comptés sur 10 feuilles prises au hasard par plante sur un total de 5 plantes choisies au hasard par parcelle élémentaire.
- l'alternariose (*Alternaria solani*) : le degré d'attaque est noté selon une échelle allant de 1 à 5.
- la cercosporiose (*Fulvia fulva*) : même méthode que pour l'alternariose.

II.2.10. Analyse statistique:

Pour l'exploitation des résultats, le logiciel « MSTAT.C » est utilisé et l'analyse de variance (ANOVA 2) est faite sur les données recueillies. Le test de Newman-Keuls détermine le niveau de signification des différentes moyennes à la probabilité de 5%.

Les données enregistrées au cours du temps sont utilisées pour détecter la résistance, la tolérance ou la sensibilité des variétés, basées sur leur comparaison avec les témoins. Des analyses en données répétées sont utilisées pour déterminer les auto-corrélations et classer les variétés (Verbeke et Molenberghs, 2000). Plusieurs modèles ont été testés : un modèle autorégressif d'ordre 1 avec des variances homogènes (AR) et avec des variances hétérogènes (ARH), un modèle « Compound Symmetry » (une corrélation constante entre les observations

dans le temps) avec des variances homogènes (CS) et avec des variances hétérogènes (CSH) et un modèle non structuré (UN) où les corrélations entre les différentes années étaient indépendantes les unes des autres ainsi que les variances pour les différentes années.

Les modèles peuvent s'écrire ainsi :

$$Y_{ij} = \mu + V_i + T_j + E_{ij}$$

Où $\mu = \text{moyenne}$

$V_i = \text{effet de la variété } i \text{ (de 1 à 38 ou bien de 1 à 41)}$

$T_j = \text{effet du temps } j \text{ (de 1 à 3)}$

$E_{ij} = \text{résidu de la variété } i \text{ au temps } j$

$Y_{ij} = \text{sévérité ou incidence de la variété } i \text{ au temps } j$

Et

1- Dans le modèle autorégressif de 1^{er} ordre :

$$\begin{aligned} V(E_{ij}) &= \sigma^2 \text{ si les variances sont homogènes entre les années} \\ &= \sigma_j^2 \text{ autrement (ARH1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{et corr}(E_{ij}, E_{i'j'}) &= \rho^{|j-j'|} \text{ si } i=i' \\ &0 \text{ sinon} \end{aligned}$$

2- Dans le modèle « Compound Symmetry »

$$\begin{aligned} V(E_{ij}) &= \sigma^2 \text{ si les variances sont homogènes entre les années} \\ &= \sigma_j^2 \text{ autrement (CHS)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{et corr}(E_{ij}, E_{i'j'}) &= \rho \text{ si } i=i' \\ &0 \text{ sinon} \end{aligned}$$

3- Dans le modèle non structuré

$$\begin{aligned} V(E_{ij}) &= \sigma_j^2 \\ \text{et corr}(E_{ij}, E_{i'j'}) &= \rho'_{jj} \text{ si } i = i' \\ &0 \text{ sinon} \end{aligned}$$

Plusieurs critères existent pour choisir le modèle le plus approprié: log du maximum de vraisemblance, critère de Akaike (AIC) ou critère de Schwartz (BIC) (Verbeke et Molenberghs, 2000); plus les valeurs sont faibles, meilleur est le modèle.

Une analyse longitudinale des données indique que le modèle « Compound Symmetry » pourrait être utilisé pour analyser statistiquement les données : la convergence des critères rencontrée et les critères- AIC et BIC- sont les meilleurs (plus faibles). Un effet de temps et un effet de variété étaient significatifs à $P= 0.0001$. Il est donc possible de classer les variétés avec un test de Newman et Keuls

Dans les premières étapes d'un programme de sélection, pour le criblage de plusieurs variétés, il est classique d'utiliser des essais non répétés. Pour ces essais, les analyses classiques de variances ne sont pas indiquées mais d'autres peuvent être performantes: analyses spatiales (Martin et *al.*, 2006) ou les analyses de données longitudinales (Verbyla et *al.*, 1999, Verbeke et Molenberghs, 2000). Nous avons choisi la dernière méthode pour comparer le comportement des 38 et 41 variétés de tomates face au *TYLC*.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1: CRIBLAGE DE 38 VARIETES POUR LA RESISTANCE AU TYLCV

III.1.1: Analyse des résultats

Nos résultats sont consignés dans le tableau 5 ci-dessous. Ils concernent l'incidence de la maladie, sa sévérité et les rendements.

Tableau 5: Tableau récapitulatif des différentes variables mesurées

Codes	Variétés	Incidence (%)	Sévérité (%)	Rendements (T/ha)
1.	ATHYLA	0	0	32,908
2.	BWTH C003	76,92	41,34	24,496
3.	BWTH C012	100	60,57	25,348
4.	BWTH C017	95,45	53,40	39,716
5.	DRW 7215	0	0	33,652
6.	Favi 9	19,23	7,69	36,435
7.	F1 641	65,21	22,82	31,165
8.	FI Florida 495	0	0	32,988
9.	F1Veuna	33,33	10,41	36,951
10.	FTC 6231	45,45	13,54	46,755
11.	FTC 7088	4,00	1,00	52,718
12.	Gem Pack	29,16	12,50	41,073
13.	Gem Pear	34,61	11,54	39,532
14.	HA 3060	7,69	1,92	45,654
15.	HMX 4810	19,23	8,65	53,270
16.	Industry DR 10401	30,76	8,65	50,448
17.	MT 158	0	0	25,641
18.	Mrutunjanya	53,84	19,23	39,751
19.	Nadira	3,84	1,92	34,265
20.	Nirouz TH 99806	0	0	40,362
21.	NUN5025 T0	3,84	1,92	35,976
22.	Porfya	0	0	37,336
23.	Sasya 0202 F1	88,46	31,73	43,326
24.	Sensei	3,84	0,96	44,269
25.	Roma VFsc	96,15	72,11	34,202
26.	Valor F1	34,61	8,65	42,982
27.	Yassamen TH 99802	0	0	37,028
28.	Dennolino	0	0	18,228
29.	Liareno	0	0	29,455
30.	HA 3074	0	0	33,490
31.	HA3019	0	0	26,239
32.	F1 1494	0	0	32,929
33.	F1 Savana	0	0	23,792
34.	Aegean	0	0	15,608
35.	Setcopa	0	0	14,852
36.	Espadhilha	0	0	6,912
37.	Hamoud mумыes	0	0	11,585
38.	XINA	88,46	49,03	12,372

III.1.1.1: L'incidence de la maladie

Les taux d'incidence sont calculés à différentes dates d'observation (Annexe IV).

L'analyse du tableau 5 montre:

- 17 variétés de tomate avec une incidence nulle (0 %) et qui sont : V₁, V₅, V₈, V₁₇, V₂₀, V₂₂, V₂₇, V₂₈, V₂₉, V₃₀, V₃₁, V₃₂, V₃₃, V₃₄, V₃₅, V₃₆ et V₃₇
- 1 variété avec une incidence de 100 %. C'est la V₃
- 13 variétés avec une incidence inférieure à 5 % (comprise entre 3,84 et 4,45 %) ; il s'agit de: V₆, V₉, V₁₀, V₁₁, V₁₂, V₁₃, V₁₄, V₁₅, V₁₆, V₁₉, V₂₀, V₂₁, V₂₄ et V₂₆. Parmi ces variétés 10 n'ont pas subi d'attaque précoce (c'est-à-dire à la première date d'observation). Ce sont: V₆, V₉, V₁₁, V₁₃, V₁₄, V₁₅, V₁₉, V₂₀, V₂₄ et V₂₆.
- 7 variétés avec une incidence strictement supérieure à 50 % (comprise entre 53,84 et 96,15 %) ; ces variétés sont: V₂, V₄, V₇, V₁₈, V₂₃, V₂₅ et V₃₈. Parmi elles, une seule n'a pas subi d'attaque précoce, il s'agit de la V₇.

Les 17 dont l'incidence est nulle peuvent être considérées comme résistantes. Il en est de même des 13 variétés à incidence comprise entre 0,84% et inférieure à 5%.

En revanche les 7 variétés à incidence supérieure à 50% ainsi que la variété V₃ à incidence égale à 100% sont probablement des variétés qui sont sensibles, mais à des degrés divers. Cette sensibilité peut être due à une tolérance au virus ou à une différence dans la quantité d'inoculum viral ayant infecté chaque variété.

La figure 2 suivante montre l'évolution de l'incidence de la maladie chez ces 7 variétés.

L'analyse des résultats de la figure 2 indique que:

- L'incidence est toujours nettement plus faible à la première observation qu'après, pour toutes les variétés ;
- A partir la 2^{ème} date d'observation, l'incidence est comparable à celle de 3^{ème} date, sauf pour les variétés V₇, V₂₃ et V₃₈.

La faiblesse de l'incidence au début du cycle est due au fait que le virus, une fois pénétré dans l'hôte, doit se multiplier avant de coloniser la plante en passant d'une cellule à une autre à travers les plasmodesmes ou d'une manière systémique à travers le parenchyme et le phloème, avant de faire apparaître les symptômes de la maladie chez l'hôte. Dès que le virus est bien fixé,

l'incidence devient presque totale pour les variétés V₂, V₄ et V₂₅ tandis que les variétés V₇, V₁₈, V₂₃ et V₃₈ présentent encore une certaine résistance mais très faible.

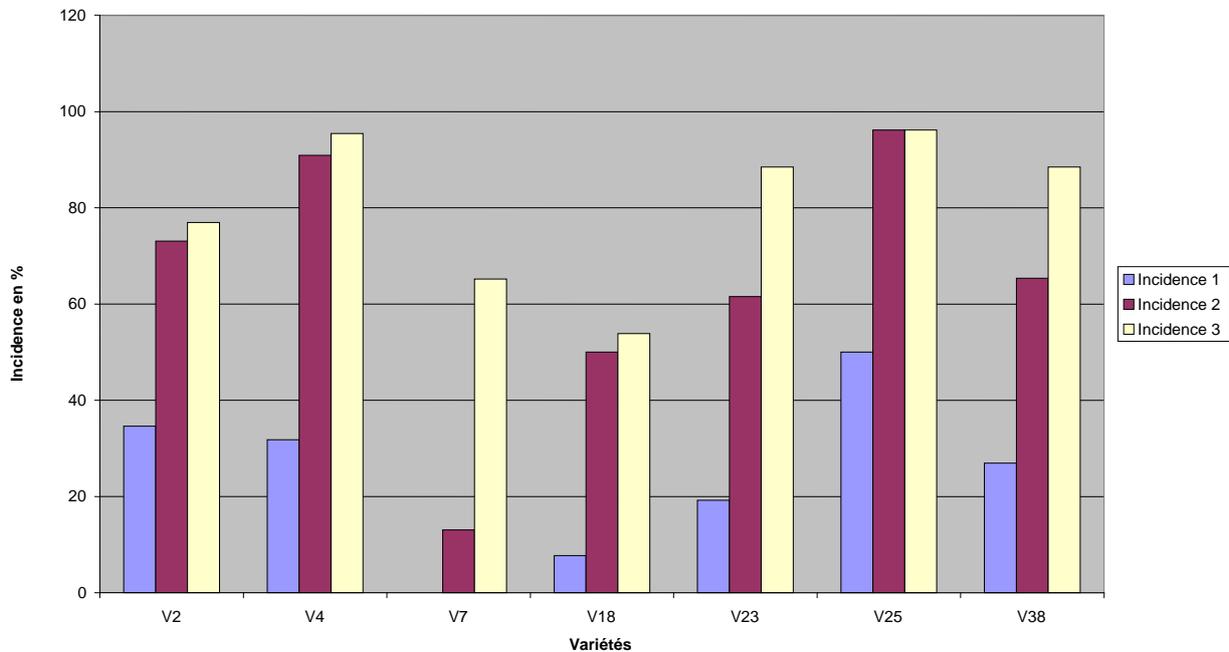


Figure 2b : Evolution de l'incidence en fonction des dates d'observation chez les 7 variétés

III.1.1.2: La sévérité de la maladie

La figure 3 suivante illustre la relation incidence/sévérité chez les différentes variétés qui ont une incidence strictement supérieure à 50 % avec leurs sévérités respectives qui sont: V₂ (41,42%), V₃ (60,57 %), V₄ (53,40 %), V₇ (22,82 %), V₁₈ (19,23 %), V₂₃ (31,73 %), V₂₅ (72,11 %) et V₃₈ (49,03 %).

La figure 3 montre 2 groupes de variétés:

- Les variétés à incidence et à sévérité supérieures à 50%; ce sont les variétés V₃, V₄, V₂₅ et V₃₈; parmi ces variétés, la sévérité de la V₂₅ apparaît nettement plus élevée que celle de la V₃ à incidence pourtant plus élevée et des variétés V₄ et V₃₈ à incidence comparable ou inférieure ;
- Les variétés à incidence supérieure à 50% et à sévérité inférieure à 50% comme les variétés V₂, V₇, V₁₈ et V₂₃; parmi ces variétés, on constate que la V₂₃, à incidence

nettement plus élevée, présente une sévérité relativement plus faible comparée à la sévérité des autres variétés V_2 , V_7 et V_{18} ; pour ces 3 dernières variétés, plus l'incidence diminue, plus la sévérité diminue également.

- Il apparaît ainsi que parmi les variétés sensibles, certaines sont à incidence et sévérité élevées, d'autres à incidence élevée et à sévérité faible ou à incidence et sévérités corrélées positivement.

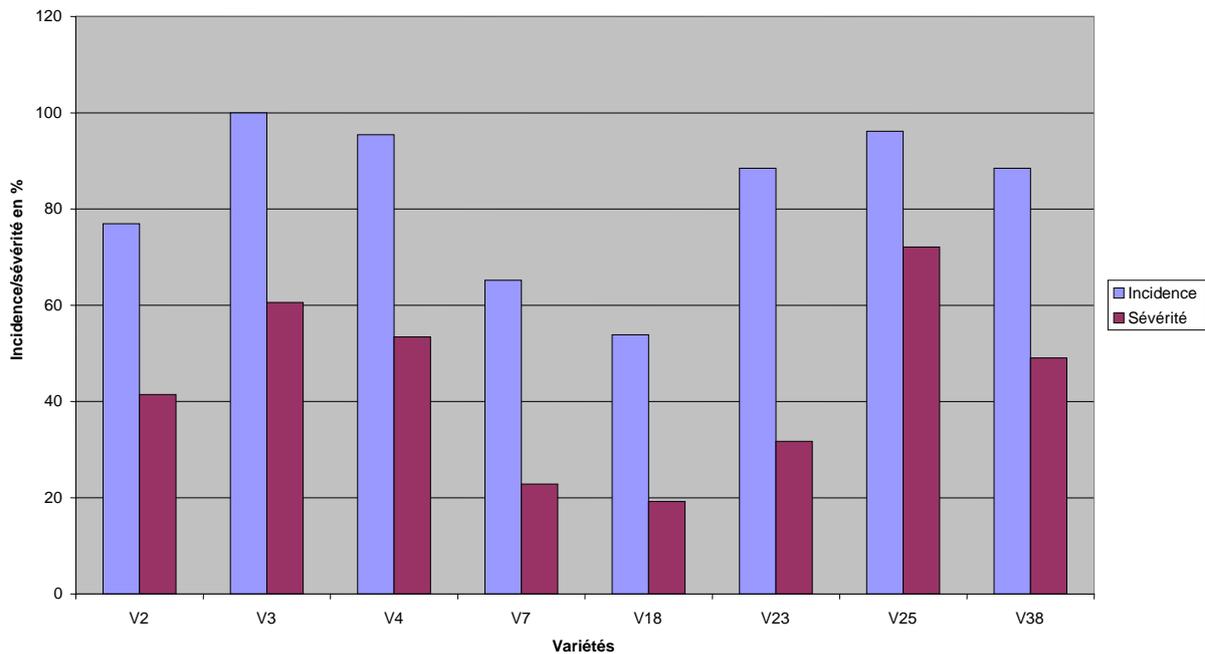


Figure 3: Relation incidence/sévérité en fonction des variétés

La figure 4 suivante illustre la relation incidence/sévérité chez ces différentes variétés qui ont une incidence strictement inférieure à 50% avec leurs sévérités respectives qui sont: V_6 (7,69%), V_9 (10,41 %), V_{10} (13,54 %), V_{11} (1,00 %), V_{12} (12,50 %), V_{13} (11,54 %), V_{14} (1,92 %), V_{15} (8,65 %), V_{16} (8,65 %), V_{19} (1,92), V_{20} (2,88 %), V_{21} (1,92 %), V_{24} (0,96 %) et V_{26} (8,65 %).

L'analyse de la figure 4 montre:

- Des variétés à incidence inférieure à 10% et dont la sévérité n'atteint pas les 5% et qui sont les variétés V_{11} , V_{14} , V_{19} , V_{20} , V_{21} et V_{24} ;
- Des variétés à incidence supérieure à 10% mais n'atteignant pas les 20% et dont la sévérité est inférieure à 10% comme les V_6 et V_{15} ;

- Des variétés à incidences supérieures à 25% avec des taux de sévérité inférieurs à 10% et qui sont les variétés V₁₆ et V₂₆;
- Des variétés à incidences supérieures à 25% avec des taux de sévérité supérieurs à 10% et qui sont les variétés V₉, V₁₀, V₁₂ et V₁₃.

Ici aussi, les mêmes observations concernant la relation incidence/sévérité en fonction des variétés valent comme précédemment.

Les figures 3 et 4 montrent que chez les variétés étudiées, certaines ont des incidences et des sévérités à la fois élevées alors que d'autres ont des incidences élevées et des sévérités faibles.

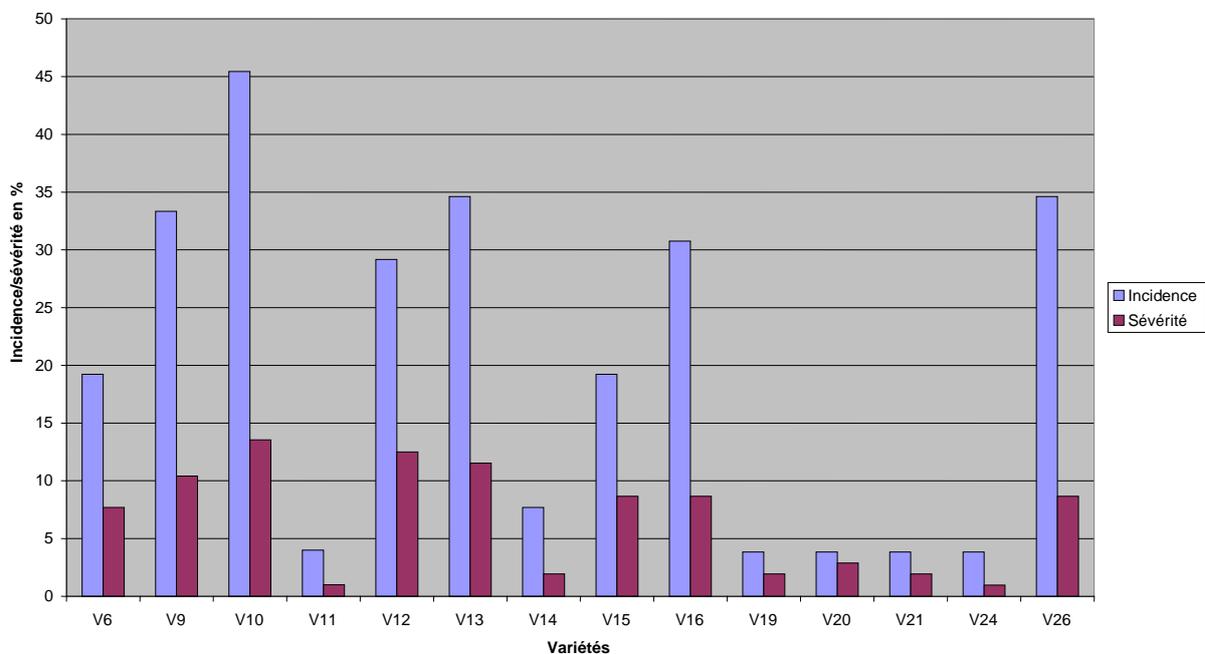


Figure 4: Relation incidence/sévérité en fonction des variétés

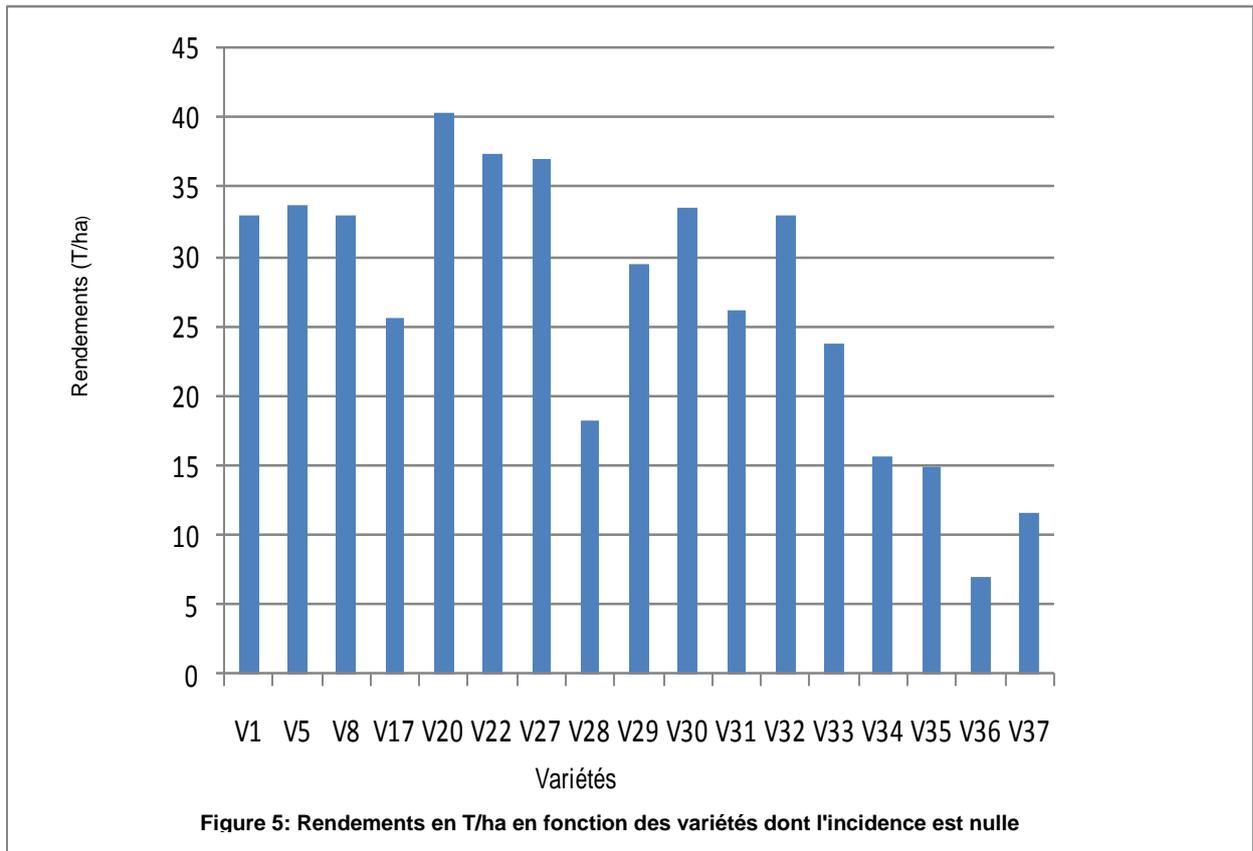
III.1.1.3: Les rendements

Ils sont variables et compris entre 6,912T/ha pour V₃₆ et 53,270T/ha pour V₁₅.

La figure 5 suivante illustre les rendements chez les 17 variétés dont l'incidence est nulle. Ces rendements sont compris entre 6,912 T/ha pour V₃₆ et 37,336 T/ha pour V₂₂.

L'analyse de cette figure montre:

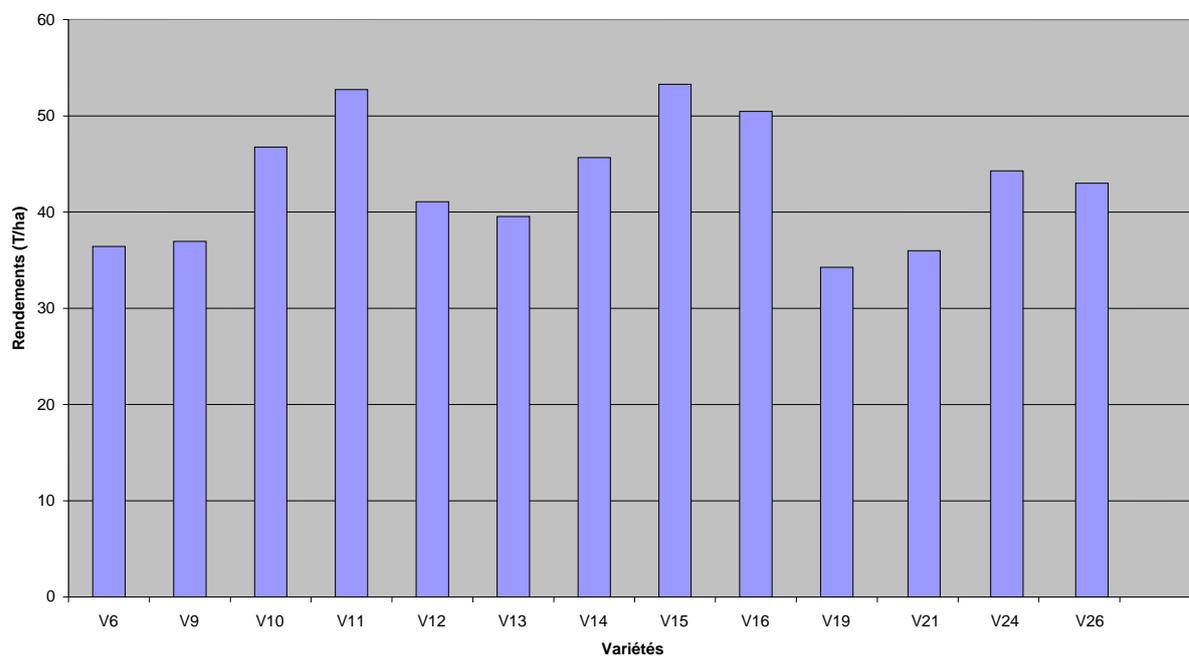
- 8 variétés ayant des rendements supérieurs à 30T/ha, compris entre 32,652 pour V₅ et 40,362 pour V₂₀ et qui sont V₁ (32,908), V₅ (32,652), V₈ (32,988), V₂₀ (40,362), V₂₂ (37,336), V₂₇ (37,028), V₃₀ (33,490) et V₃₂ (32,929);
- 9 variétés ayant des rendements inférieurs à 30T/ha, compris entre 6,912 pour V₃₆ et 29,455 pour V₂₉ et qui sont V₁₇ (25,641), V₂₈ (18,228), V₂₉ (29,455), V₃₁ (26,239), V₃₃ (23,792), V₃₄ (15,608), V₃₅ (14,852), V₃₆ (6,912) et V₃₇ (11,585).



La figure 6 illustre les rendements des 13 variétés qui ont une incidence strictement inférieure à 50%. Ces rendements sont compris entre 34,265T/ha pour V₁₉ et 53,270T/ha pour V₁₅ et intéressent les variétés V₆ (36,435), V₉ (36,951), V₁₀ (46,755), V₁₁ (52,718), V₁₂ (41,073), V₁₃ (39,532), V₁₄ (45,654), V₁₅ (53,270), V₁₆ (50,448), V₁₉ (34,265), V₂₁ (35,976), V₂₄ (44,269) et V₂₆ (42,982).

L'analyse de cette figure montre que:

- Toutes les variétés ont des rendements qui dépassent 30T/ha
- 8 variétés (V₁₀, V₁₁, V₁₂, V₁₄, V₁₅, V₁₆, V₂₄ et V₂₆) dépassent les 40T/ha; parmi elles, 3 dépassent 50T/ha et intéressent V₁₁; V₁₅ et V₁₆



- **Figure 6: Rendements en fonction des variétés à incidence inférieure à 50%**

La figure 7 illustre les rendements chez les 7 variétés qui ont une incidence strictement supérieure à 50%. Ces rendements sont compris entre 12,372T/ha pour V₃₈ et 43,326T/ha pour V₂₃.

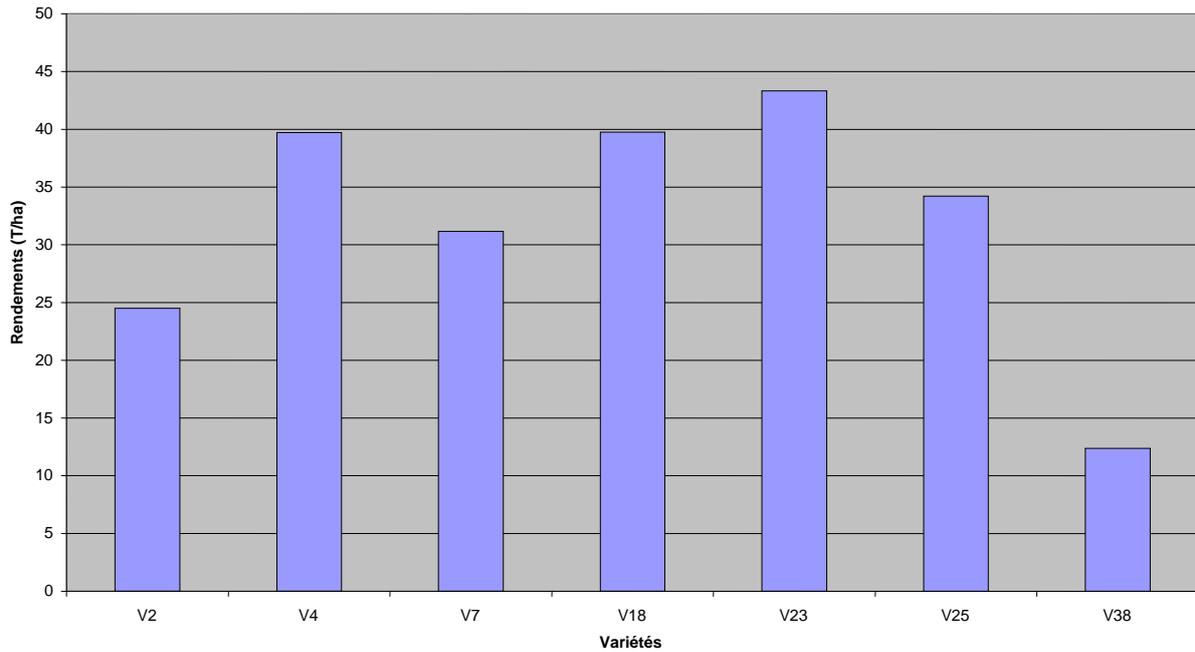


Figure 7: Rendements en fonction des variétés à incidence supérieure à 50%

L'analyse de la figure 7 montre que:

- 5 variétés ont des rendements qui dépassent les 30T/ha à savoir V₄, V₇, V₁₈, V₂₃ et V₂₅ ;
- 2 variétés (V₂ et V₃₈) ont des rendements inférieurs à 30T/ha

L'analyse globale des figures 5, 6 et 7 montre que l'incidence de la maladie et les rendements ne sont pas forcément corrélés. En effet certaines variétés ont des incidences élevées et des rendements élevés, c'est le cas des variétés V₄, V₇, V₉, V₁₀, V₁₈ et V₂₅ entre autres.

De même des variétés ayant des incidences nulles ont des rendements plus faibles que des variétés ayant des incidences plus ou moins élevées.

Le même constat vaut également pour la corrélation sévérité/rendements.

III.1.2: Discussion

Les 17 variétés dont l'incidence est nulle peuvent être considérées comme résistantes. Ce sont : V₁, V₅, V₈, V₁₇, V₂₀, V₂₂, V₂₇, V₂₈, V₂₉, V₃₀, V₃₁, V₃₂, V₃₃, V₃₄, V₃₅, V₃₆ et V₃₇.

Pour les autres variétés dont l'incidence est différente de zéro, la corrélation incidence/sévérité pourrait permettre de savoir si telle variété est résistante, tolérante ou sensible. De même, la

comparaison de ces variétés aux variétés sensibles comme Xina (avec une incidence de 88,46 % et une sévérité de 49,03 %) et Roma VF sc (avec une incidence 96,15 % et une sévérité de 72,11 %) et à la variété tolérante Nadira (avec une incidence de 3,84 % et une sévérité de 1,92 %) pourrait également nous édifier sur leur comportement vis-à-vis de la maladie.

Sachant que les taux de sévérité de Xina et de Roma VF sont respectivement de 50 % et 72,11 %, toutes les variétés dont la sévérité se situe entre ces deux valeurs peuvent être considérées comme sensibles. Il s'agit des variétés V₃ et V₄.

Les variétés dont la sévérité est inférieure ou égale à 25 % peuvent être considérées comme tolérantes. Ce sont les variétés V₆, V₇, V₉, V₁₀, V₁₁, V₁₂, V₁₃, V₁₄, V₁₅, V₁₆, V₁₈, V₂₀, V₂₁, V₂₄ et V₂₆.

Les variétés V₂ et V₂₃ dont les taux de sévérité sont supérieurs à 25 % mais n'atteignent pas 50 % pourraient être tolérantes ou sensibles. Cependant en considérant de près leurs incidences qui sont respectivement de 76,92 % et 88,46 %, ces variétés peuvent être rangées dans le groupe des variétés sensibles. Les variétés V₆, V₁₄, V₁₅, V₂₀, V₂₃, évaluées à la fois dans les 2 essais ont confirmé leur caractère tolérant observé lors du premier essai. De même que la variété V₂₇ pour son caractère résistant.

La V₂₃, tolérante dans le premier essai paraît sensible dans le second essai; son cas n'est pas totalement élucidé.

En ce qui concerne les rendements on ne peut que constater qu'ils sont variables et ne sont pas en corrélation étroite avec le TYLC. Le poids de fruits non commercialisables est parfois élevé chez certaines variétés et ne semble pas être lié à l'incidence ou à la sévérité de la maladie. En effet d'autres nuisibles de la tomate tels que *Helicoverpa armigera* et *Liriomyza trifolii* étaient présents durant la culture et ont probablement entraîné des pertes de rendements.

Conclusion

Au terme de l'analyse des résultats de l'essai sur l'évaluation des variétés de tomate vis-à-vis du TYLC, nous pouvons dire que :

- les variétés V₁ (ATHYLA), V₅ (DRW 7215), V₈, (F₁ Florida 495), V₁₇ (MT 158), V₂₂ (Porfyra), V₂₇ (Yassamen TH 99802), V₂₈ (Dennolio), V₂₉ (Liareno), V₃₀ (HA 3074), V₃₁ (HA 3019), V₃₂ (F₁ 1494), V₃₃ (F₁ Savana), V₃₄ (Aegean), V₃₅ (Setcopa), V₃₆ (Espadilha) et V₃₇ (Hamond mummyes) seraient résistantes.

- les variétés V₆ (Favi 9), V₇ (F₁ 641), V₉ (F₁ Verrona), V₁₀ (FTC 6231), V₁₁ (FTC 7088), V₁₂ (Gem Pack), V₁₃ (Gem Pear), V₁₄ (HA 3060), V₁₅ (HMX 4810), V₁₆ (Industry DR 10401), V₁₈ (Mrutunjanya), V₂₀ (Nirouz TH 99806), V₂₁ (NUN 5025 To), V₂₄ (Sensei) et V₂₆ (Valor F₁) seraient tolérantes ;
- les variétés V₂ (BMTH C003), V₃ (BWTH C012), V₄ (BMTH C017) et V₂₃ (Sasya 0202 F₁) seraient sensibles.

Les rendements sont variables et compris entre 6,912T/ha et 53,270T/ha.

Beaucoup de fruits ont subi des dégâts parfois importants, suite à des attaques diverses ayant affecté de façon variable presque toutes les variétés.

Dans l'étude qui suit, nous avons repris les essais dans les mêmes conditions, dans le même site où sévit la maladie avec 3 répétitions, pour vérifier les conclusions tirées de cette présente étude.

III.2: CRIBLAGE DE 41 VARIETES POUR LA RESISTANCE AU TYLCV

III.2.1: Analyse des résultats

Nos résultats figurent dans le tableau 7 ci-dessous:

Tableau 7: Tableau récapitulatif des variables mesurées.

Codes	Variétés	Incidence (%)	Sévérité (%)	Rendements (T/ha)
V1	CLN 2123 A	96	48	19,975
V2	CLN 2468 A	100	89,28	15,8
V3	CLN 2545 A	100	47,5	14,9
V4	CLN 2123 B	84,61	45,19	17,1
V5	CLN 2460 E	100	83,33	11,3
V6	CLN 2498 E	100	64,28	11,87
V7	PT 4722 A	100	45,83	19,62
V8	TLCV 15	100	73,91	26,22
V9	NADIRA	11,53	3,84	35,98
V10	F13019 Galina	42,85	10,71	68,12
V11	4 108	26,92	7,69	43,65
V12	4 240	30,76	13,46	34,17
V13	4 495	19,23	7,69	52,02
V14	4 498	50	20,19	65,05
V15	4 501	57,69	29,80	27,55
V16	FAVI 9	3,84	0,96	53,65
V17	CHEYENNE E 448	50	21,15	44,77
V18	YASSEMEN TH99802	0	0	51,52
V19	NIROUZ TH 99806	11,53	4,80	37,32
V20	TY 75	0	0	53,37
	XINA	100	81	12,4
V21	HA 3060	3,84	0	22,12
V22	FTC 7351	88	51,08	12,05
V23	FTC 7127	100	57	13,57
V24	FTC 6236	0	0	28,10
V25	FTC 7483	77,27	38,63	11,87
V26	GEM PRIDE	7,69	1,92	19,22
V27	PS 43316	66,66	19,04	11,37
V28	INDUSTRY DR 10403	20	7	41,67
V29	REALEZA	0	0	47,35
V30	THORIYA	0	0	35,87
V31	BYBAL	0	0	24,70
V32	ATTACK	0	0	31,80
V33	PONCHITA	0	0	26,57
V34	CHENOA	0	0	28,10
V35	YOSRA	0	0	54,07
V36	HMX 4810	8,69	7,29	56,02
V37	FTC 7088	3,84	3,84	34,97
V38	FTC 6231	0	0	46,65
V39	SASYA. 0202	30,76	14,42	40,87
V40	ROMA VF	100	75	20,27

III.2.1.1: L'incidence de la maladie

L'analyse du tableau 7 montre:

- 11 variétés avec une incidence nulle (0%) et qui sont V₁₈, V₂₀, V₂₄, V₂₉, V₃₀, V₃₁, V₃₂, V₃₃, V₃₄, V₃₅ et V₃₈;
- 9 variétés avec une incidence de 100%; il s'agit de V₂, V₃, V₅, V₆, V₇, V₈, Xina, V₂₃ et V₃₈ ;
- 3 variétés avec une incidence inférieure à 5% (égale à 3, 84) ; il s'agit de : V₁₆; V₂₁ et V₃₇;
- 9 variétés avec une incidence supérieure à 5% mais inférieure à 50% et qui sont V₉, V₁₀, V₁₁, V₁₂, V₁₃, V₁₉, V₂₆, V₃₆ et V₃₉;
- 8 variétés avec une incidence supérieure ou égale à 50 % (comprise entre 50 et 96%); ces variétés sont: V₁, V₄, V₁₄, V₁₅, V₁₇, V₂₂, V₂₅ et V₂₇.

Les 11 variétés dont l'incidence est nulle peuvent être considérées comme résistantes. Il en de même des 3 variétés à incidence inférieure à 5%.

Les variétés à incidence supérieure à 5% mais inférieure à 50% seraient des variétés tolérantes, mais à des degrés différents.

En revanche les 8 variétés à incidence supérieure ou égale à 50% peuvent être considérées comme sensibles, mais à des degrés divers pouvant être dû à une tolérance ou à une différence dans la quantité d'inoculum viral ayant infecté chaque variété.

La figure 8 montre l'évolution de l'incidence de la maladie chez les 9 variétés ayant une incidence de 100%

L'analyse des résultats de la figure 8 indique que:

- L'incidence est toujours nettement plus faible à la première observation (avant la floraison) qu'après, pour toutes les variétés et qu'elle dépasse exceptionnellement les 20%;
- A partir de la 2^{ème} date d'observation (à la floraison), l'incidence de 4 variétés sur les 9 est comparable à celle de la 3^{ème} date et se situe déjà à 100%;
- A la 3^{ème} date d'observation (à la fructification), l'incidence de toutes les 9 variétés est à 100%;

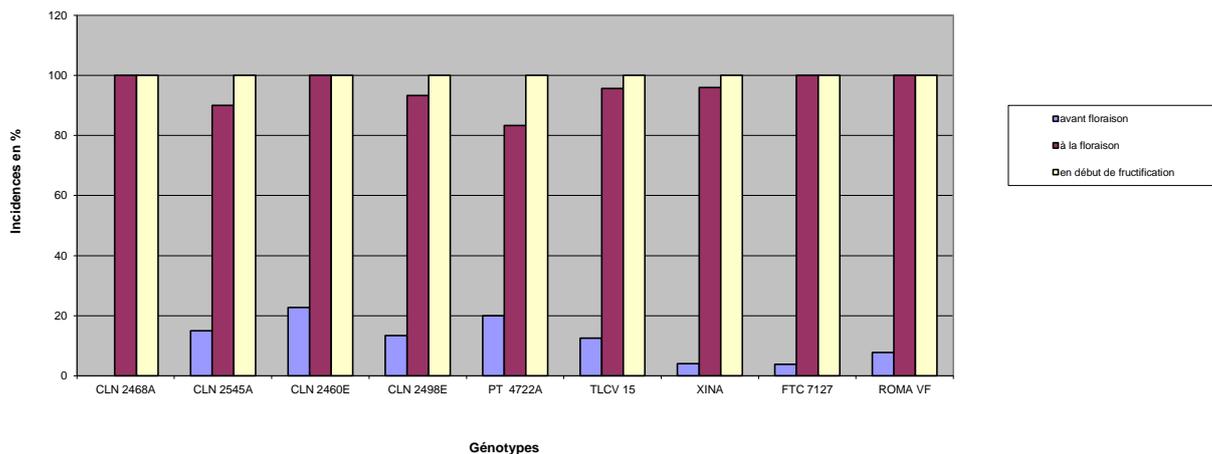


Figure 8 : Evolution de l'incidence en fonction des dates d'observation chez les 9 génotypes

La faiblesse de l'incidence au début du cycle est due au fait que le virus, une fois pénétré dans l'hôte, doit se multiplier avant de coloniser la plante en passant d'une cellule à une autre à travers les plasmodesmes ou d'une manière systémique à travers le parenchyme et le phloème, avant de faire apparaître les symptômes de la maladie chez l'hôte. Dès que le virus est bien fixé, l'incidence s'installe et se précise de manière différente selon les génotypes.

III.2.1.2: La sévérité de la maladie

La figure 9 suivante illustre la relation incidence/sévérité chez les variétés qui ont une incidence de 100 % avec leurs sévérités respectives qui sont: V_2 (89,28%), V_3 (47,5%), V_5 (83,33 %) V_6 (64,28 %), V_7 (45,83 %), V_8 (73,91 %), V_{23} (57%), V_{40} (75 %) et Xina (81 %).

L'analyse de la figure montre que chez ces variétés la sévérité est en général élevée et dépasse les 50%, sauf chez V_3 et V_7

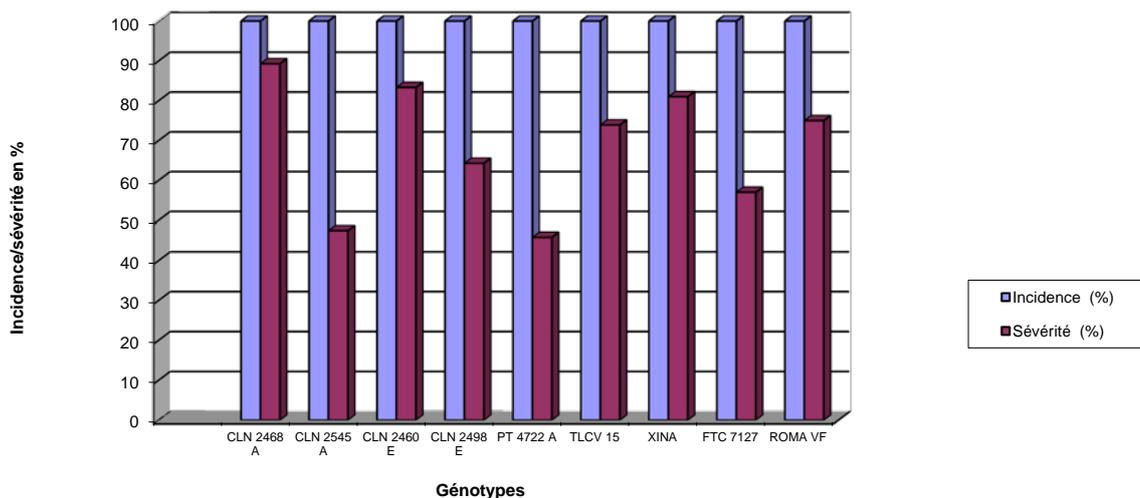


Figure 9 : Rapport incidence/sévérité en fonction des géotypes

La figure 10 illustre le rapport incidence/sévérité chez les géotypes qui ont une incidence inférieure ou égale à 50 % avec leurs sévérités respectives qui sont: V₉ (3,84 %), V₁₀ (10,71 %), V₁₁ (7,69 %), V₁₂ (13,46%), V₁₃ (7,69 %), V₁₄ (20,19%), V₁₆ (0,96%), V₁₇ (21,15%), V₁₉ (4,80%), V₂₁ (2,88%), V₂₆ (1,92%), V₂₈ (7%), V₃₆ (7,29%), V₃₇ (3,84%) et V₃₉ (14,42%).

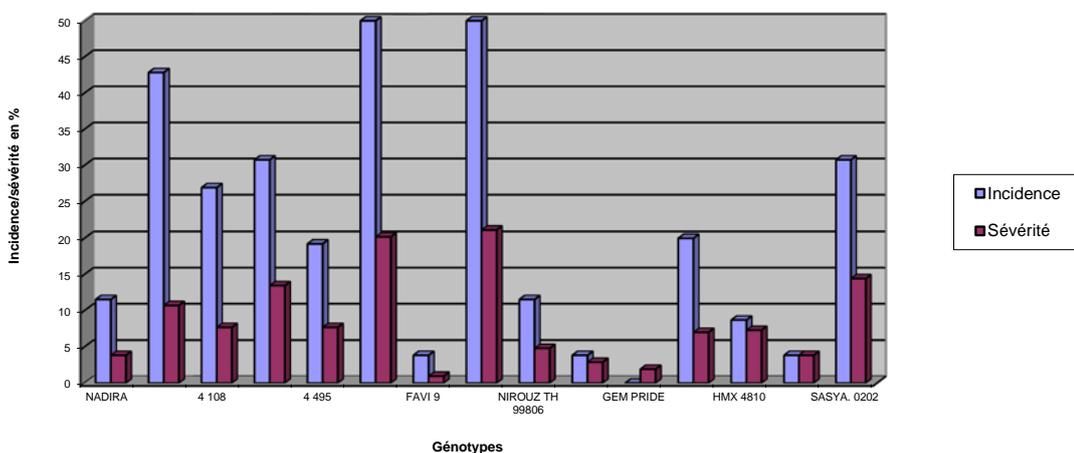


Figure 10 : Rapport incidence/sévérité en fonction des géotypes

L'analyse de la figure montre que chez ces géotypes, les valeurs de sévérité sont inférieures à 25% (comprises entre 0,96 % pour V₁₆ et 21,15 % pour V₁₇).

La figure 11 illustre le rapport incidence/sévérité chez les génotypes qui ont une incidence supérieure à 50 % mais n'atteignant pas les 100 % avec leurs sévérités respectives qui sont: V_1 (48 %), V_4 (45,19 %), V_{15} (29,80 %), V_{22} (51,08 %), V_{25} (38,63 %) et V_{27} (19,04 %)

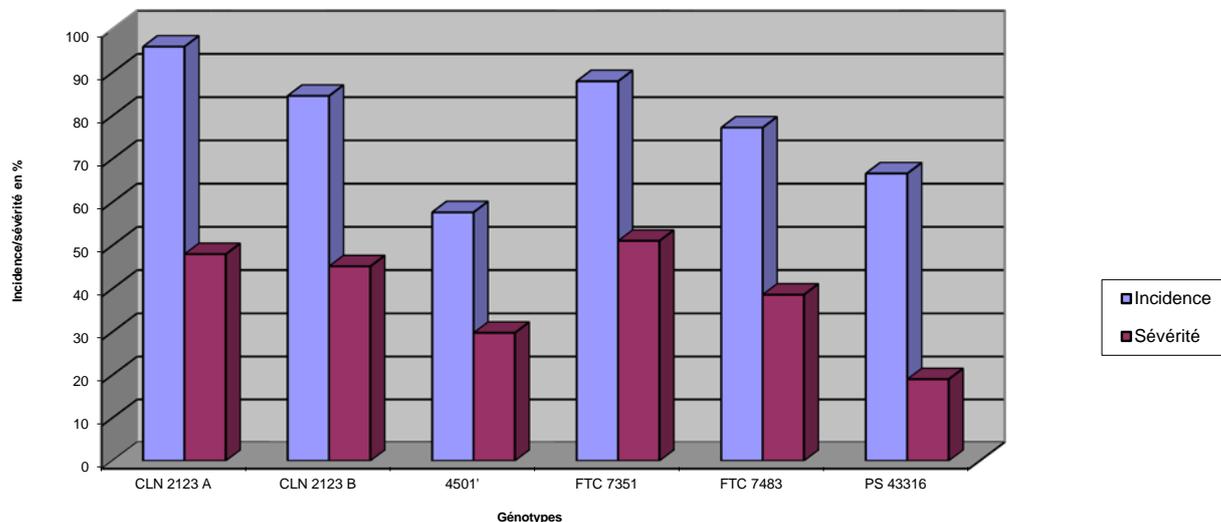


Figure 11 : Rapport incidence/sévérité en fonction des génotypes

L'analyse de la figure montre que chez ces variétés les sévérités sont inférieures à 50% sauf chez la V_{22} qui est à 51,08%.

Les figures 9, 10 et 11 montrent que les variétés de tomate étudiées ont des comportements différents vis-à-vis de la maladie. Certaines ont à la fois des incidences et sévérités élevées (corrélation positive entre ces deux variables) alors que chez d'autres l'incidence est élevée et la sévérité faible (corrélation négative).

La corrélation positive est en général observée chez les variétés où l'incidence atteint les 100%. C'est le cas de V_2 , V_5 , Xina, V_{40} , V_8 , V_6 et V_{23} dont la sévérité dépasse les 50% pour atteindre parfois presque les 90%.

Une corrélation négative est toutefois remarquée chez certaines variétés comme la V_{27} où l'incidence est de 66,66% et la sévérité de 19,04%

III.2.1.3: Les rendements

L'analyse du tableau 7 montre que les rendements sont variables et compris entre 11,3T/ha pour V_5 et 68,125T/ha pour V_{10} .

La figure 12 illustre les rendements chez les 11 génotypes dont l'incidence est nulle (0%) :

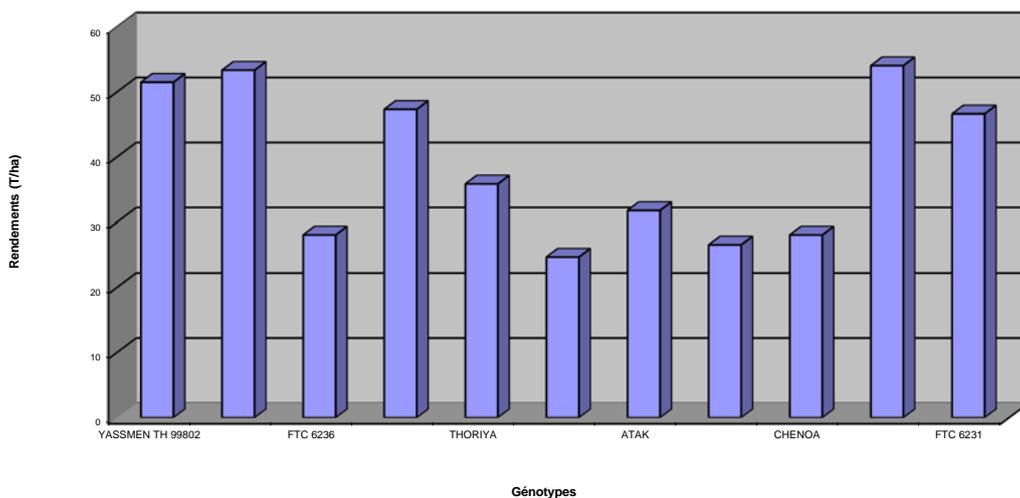


Figure 12 : Rendements en T/ha en fonction des génotypes

L'analyse de la figure montre que ces 11 génotypes ont des rendements supérieurs à 20T/ha, compris entre 24,7T/ha pour V₃₁ et 54,07T/ha pour V₃₅.

La figure 13 illustre les rendements chez les 9 génotypes qui ont une incidence de 100%.

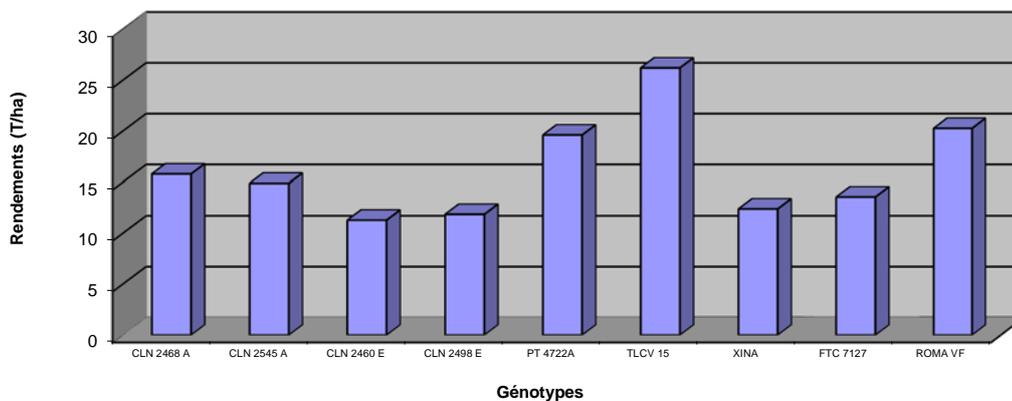


Figure 13 : Rendements en T/ha en fonction des génotypes

L'analyse de la figure montre que sur les 9 génotypes, un (1) seul présente des rendements qui dépassent 20T/ha, il s'agit de V₈ avec 26,225T/ha. Le génotype V₄₀ est à 20,275T/ha.

Pour les autres génotypes, les rendements dépassent les 20 T/ha et peuvent atteindre 68, 125T/ha chez V₁₀.

L'analyse globale des figures 12 et 13 montre que l'incidence de la maladie et les rendements ne sont pas toujours corrélés. Toutefois la plupart des variétés à incidence élevée (proche ou égale à 100%) ont des rendements faibles et celles à incidence nulle ou faible, des rendements plus élevés.

Le même constat vaut également pour la corrélation sévérité/rendements.

III.2.2 : Discussions

Les génotypes dont l'incidence est nulle peuvent être considérés comme résistants. Ce sont V₁₈, V₂₀, V₂₄, V₂₉, V₃₀, V₃₁, V₃₂, V₃₃, V₃₄, V₃₅ et V₃₈.

Pour les autres génotypes dont l'incidence est différente de zéro, la corrélation incidence/sévérité peut permettre de savoir si tel génotype est résistant, tolérant ou sensible. De même, la comparaison de ces génotypes aux variétés sensibles que sont Xina (avec une incidence de 100 % et une sévérité de 81 %) et Roma VF (avec une incidence de 100 % et une sévérité de 75 %) et à la variété tolérante Nadira (avec une incidence de 11,53 % et une sévérité de 3,84 %) peut également nous édifier sur le comportement vis-à-vis de la maladie.

Sachant que les taux de sévérité de Xina et Roma VF dépassent les 50 %, toutes les variétés dont la sévérité est supérieure à ce pourcentage seront considérées comme sensibles. Il s'agit de V₂, V₅, V₆, V₈, V₂₂ et V₂₃.

Les variétés dont la sévérité n'atteint pas les 25 % peuvent être considérées comme tolérantes. Ce sont : V₁₀, V₁₁, V₁₂, V₁₃, V₁₄, V₁₆, V₁₇, V₁₉, V₂₁, V₂₆, V₂₇, V₂₈, V₃₆, V₃₇ et V₃₉.

Six variétés (V₁, V₃, V₄, V₇, V₁₅ et V₂₇) ayant des taux de sévérité supérieurs à 25 % mais n'atteignant pas 50%, peuvent être tolérantes ou sensibles. Les rendements pourraient aider à lever l'équivoque.

Malheureusement, nous n'avons pas les rendements potentiels de ces six variétés, pour pouvoir les comparer à ceux déjà évalués lors de l'expérimentation. De plus, d'autres nuisibles de la tomate comme *Helicoverpa armigera* Hübner. et *Liriomyza trifolii* L. ont entraîné des pertes de rendements.

Toutefois, nous pouvons remarquer que V₁₅ est la seule des six variétés citées plus haut, à avoir des rendements de 27,55T/ha. Toutes les cinq autres ont des rendements inférieurs à 20T/ha.

Des études similaires effectuées simultanément dans 5 pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Ghana, Mali et Togo) et utilisant les mêmes variétés, ont montré des comportements différents de ces entrées, pouvant varier d'un pays à l'autre. Par exemple Bybal est sensible au Bénin, modérément résistante au Burkina, hautement sensible au Ghana, résistante au Mali, hautement sensible au Togo et résistante au Sénégal. De même, Gem Pride est sensible au Bénin et au Burkina, hautement sensible au Togo, modérément résistante au Ghana, au Mali et au Sénégal (Anonyme, 2006). Ces observations sur les comportements différents concernent toutes les variétés testées et autorisent à penser que la pression parasitaire (présence du virus et du vecteur *Bemisia tabaci*) n'était pas partout la même. A cela s'ajoutent les facteurs édapho-climatiques différents dans ces pays.

Le concept de variété sensible, tolérante ou résistante doit être considéré avec beaucoup de discernement à cause des conditions écologiques différentes. Ces conditions écologiques ont une influence sur le comportement variétal.

Conclusion

Au terme de l'interprétation des résultats de l'essai sur l'évaluation de variétés de tomate vis-à-vis du TYLC, il semble apparaître que:

- les variétés V₁₈ (YASSEMEN TH 99802), V₂₀ (TY 75), V₂₄ (FTC 6236), V₂₉ (REALEZA), V₃₀ (THORIYA), V₃₁ (BYBAL), V₃₂ (ATAK), V₃₃ (PONCHITA), V₃₄ (CHENOA), V₃₅ (YOSRA) et V₃₈ (FTC 6231) sont résistantes ;
- les variétés V₉ (NADIRA), V₁₀ (F13019 Galina), V₁₁ (4108), V₁₂ (4240) , V₁₃ (4495) ; V₁₄ (4498), V₁₆ (FAVI 9), V₁₇ (CHEYENNE E 448), V₁₉ (NIROUZ TH 99806), V₂₁ (HA 3060), V₂₆ (GEM PRIDE), V₂₇ (PS 43316), V₂₈ (INDUSTRY DR 10403), V₃₆ (HMX 4810), V₃₇ (FTC 7088) et V₃₉ (SASYA 0202) sont tolérantes ;
- les variétés V₂ (CLN 2468 A), V₅ (CLN 2460E), V₆ (CLN 2498 E), V₈ (TLCV 15), V₂₂ (FTC 7351), V₂₃ (FTC 7127), Xina et V₄₀ (ROMA VF) sont sensibles ;
- les variétés V₁ (CLN 2123A), V₃ CLN 2545 A), V₄ (CLN 2123 B) ; V₇ (PT 4722 A), V₁₅ (4501) et V₂₇ (FTC 7088) nécessitent une étude complémentaire. Elles peuvent être tolérantes ou sensibles. L'évaluation de leurs rendements, dans les conditions optimales, permettrait de trancher.
- Certains rendements dépassent les 60T/ha pour avoisiner les 70 T/ha. Cependant, les récoltes ont subi beaucoup de dégâts suite à des pourritures qui ont affecté de façon variable toutes les variétés.

Nous avons repris les essais, toujours dans les mêmes conditions, dans le même site où sévit la maladie, avec randomisation, afin de vérifier les conclusions tirées de cette présente étude.

III.3 : CRIBLAGE DE 12 VARIETES DE TOMATE ISSUES DE L'ESSAI PRELIMINAIRE

Ces variétés ont montré une résistance au *TYLCV*. Nous les avons reprises dans un essai randomisé avec trois répétitions à partir des paramètres du taux de levée, de l'incidence et de la sévérité de la maladie ainsi que ceux du rendement, pour confirmation de cette résistance.

III.3.1 : Analyse des résultats

Nos résultats figurent dans le tableau 8 ci-dessous :

➤ **Taux de levée**

Les taux de levée se situent entre 73,02% pour Industry DR 1040 et 98,68% pour Thoriya. Sur 14 variétés, 11 sont à plus de 90%, 1 à plus de 80% et 2 à plus de 70%.

De manière générale, les taux de levée sont élevés et se situent en moyenne autour de 90%

➤ **Incidence de la maladie**

A part les témoins sensibles (Roma VF et Xina) qui sont respectivement à 86,66% et 81,22% d'incidence, les autres variétés ont une incidence nulle.

➤ **Sévérité de la maladie**

Elle est nulle chez toutes les variétés sauf chez Roma VF et Xina, avec des valeurs respectives de 3,66 et 4,00. Ces deux variétés sont hautement sensibles. En effet, si la note de sévérité (Sm) est strictement supérieure à 3,00 et inférieure ou égale à 4,00, la variété concernée est hautement sensible. Les symptômes, dans ce cas, sont un sévère rabougrissement avec enroulement des feuilles et arrêt de la croissance de la plante.

➤ **Caractéristiques du rendement**

Il s'agit du nombre de fruits par plant, du nombre de fruits par grappe, du poids moyen d'un fruit, de la longueur moyenne d'un fruit, du diamètre moyen d'un fruit, du poids de fruits consommables, du poids de fruits non consommables et du rendement global. Nos résultats figurent dans le tableau 8

Tableau 8 : Moyennes des variables mesurées en fonction des variétés

Variétés	Taux de levée (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Nombre de fruits/plante	Nombre de fruits/grappe	Poids moyen d'un fruit (g)	Longueur moyenne d'un fruit (mm)	Diamètre moyen d'un fruit (mm)	Poids des fruits consommables (T/ha)	Poids des fruits non consommables (T/ha)	Rendement (T/ha)
Atack	98,39	0	0	33,33 de	3,19 a	93,11 b	41,62 e	58,99 ab	24,04 bc	13,99 abcde	38,04 bc
Bybal	96,05	0	0	24,33 e	2,69 a	117,12 a	47,68 c	61,72 a	18,35 bc	17,10 abcd	35,45 bc
Chenoa.	95,39	0	0	27,33 e	1,9 a	85,81 bc	44,95 cde	55,61 b	21,08 bc	9,94 cde	31,02 c
TY 75	96,71	0	0	66,66 bc	3,07 a	61,50 def	52,68 b	45,88 de	38,40 a	17,45 abc	55,85 a
Gempride	92,76	0	0	81,66 b	2,78 a	66,91 de	47,48 c	50,02 cd	17,08 c	13,85 abcde	30,93 c
Industry DR 1040	73,02	0	0	41,33 de	1,92 a	72,86 cd	44,93 cde	50,35 c	18,63 bc	15,94 abcd	34,57 bc
Lety F1	98,68	0	0	185,00 a	3,14 a	112,21 a	54,88 ab	58,48 ab	18,61 bc	17,79 ab	36,41 bc
Ponchita	97,63	0	0	37,00 de	3,53 a	15,46 h	26,81 g	30,21 h	26,44 b	6,66 e	33,10 bc
Realeza	95,39	0	0	68,33 bc	2,73 a	90,53 bc	43,11 de	56,77 b	24,09 bc	14,27 abcd	38,37 bc
Roma VF	92,10	86,66	3,66	84,00 b	3,02 a	115,20 a	46,37 cd	61,79 a	24,46 bc	20,41 a	44,87 ab
Thoriya	98,68	0	0	54,00 cd	2,79 a	47,18 fg	56,81 a	38,02 g	17,83 bc	12,30 bcde	30,14 c
Yosra	91,44	0	0	28,00 e	2,65 a	52,75 efg	46,49 cd	42,78 ef	23,55 bc	13,03 abcde	36,59 bc
FTC 6236	75,65	0	0	32,66 de	2,57 a	93,94 b	44,73 cde	58,06 ab	22,27 bc	13,78 abcde	36,05 bc
Xina	86,18	82,22	4,00	24,00 e	1,98 a	37,55 g	38,39 f	38,73 fg	8,26 d	9,67 de	17,93 d

- Nombre de fruits par plant

Il varie entre 24,00 pour Xina et 185,00 pour Lety F1.

L'analyse de variance range les différentes variétés en 6 groupes, représentés par a, b, bc, cd, de, e

- ✚ le groupe 1 (a) avec la seule variété Lety F1,
- ✚ le groupe 2 (b) avec les variétés Roma VF et Gempride,
- ✚ le groupe 3 (bc) avec les variétés Realeza et TY 75,
- ✚ le groupe 4 (cd) avec la variété Thoriya,
- ✚ le groupe 5 (de) avec les variétés Ponchita, Industry DR 1040, Attack, FTC 6236 et
- ✚ le groupe 6 (e) avec les variétés Yosra, Chenoa, Bybal et Xina.

L'analyse des résultats ci-dessus montre des variétés ayant une bonne production de fruits/plant (groupes 1 et 2), des variétés ayant une production moyenne (groupes 3 et 4) et des variétés ayant une faible production (groupes 5 et 6)

- Nombre de fruits par grappe

Il varie entre 1,90 pour la variété Chenoa et 3,53 pour la variété Ponchita.

L'analyse de variance ne donne aucune différence significative entre les différentes variétés.

- Poids moyen d'un fruit (g)

Le poids moyen d'un fruit varie entre 15 ,46g pour Ponchita et 117,12g pour Bybal.

L'analyse de la variance range les différentes variétés en 10 groupes, représentés par les lettres a, b, bc, cd, de, def, efg, fg, g et h.

- ✚ Groupe 1 (a) avec Bybal, Roma VF et Lety F1,
- ✚ Groupe 2 (b) représenté par FTC 6236 et Attack,
- ✚ Groupe 3 (bc) avec Realeza et Chenoa,
- ✚ Groupe 4 (cd) avec Industry DR 1040,
- ✚ Groupe 5 (de) avec Gempride,
- ✚ Groupe 6 (def) avec TY 75,
- ✚ Groupe 7 (efg) avec Yosra,
- ✚ Groupe 8 (fg) avec Thoriya,
- ✚ Groupe 9 (g) avec Xina et

✚ Groupe 10 (h) avec Ponchita.

- Longueur moyenne d'un fruit

Elle varie entre 26,81mm pour Ponchita et 56,81mm pour Thoriya.

L'analyse de variance range les différentes variétés en 9 groupes, représentés par les lettres a, ab, b, c, cd, cde, e, f et g.

✚ Groupe 1 (a) avec Thoriya,

✚ Groupe 2 (ab) avec Lety F1,

✚ Groupe 3 (b) avec TY 75,

✚ Groupe 4 (c) avec Bybal et Gempride,

✚ Groupe 5 (cd) avec Yosra et Roma VF,

✚ Groupe 6 (cde) avec Chenoa, Industry DR 1040 et FTC 6236,

✚ Groupe 7 (e) avec Atack,

✚ Groupe 8 (f) avec Xina et

✚ Groupe 9 (g) avec Ponchita.

- Diamètre moyen d'un fruit

Il varie entre 30,21mm pour Ponchita et 61,79mm pour Roma VF.

L'analyse de variance range les différentes variétés en 10 groupes, représentés par les lettres a, ab, b, c, cd, de, ef, fg, g et h.

✚ Groupe 1 (a) avec Roma VF et Bybal,

✚ Groupe 2 (ab) avec Atack, Lety F1 et FTC 6236,

✚ Groupe 3 (b) avec Realeza et Chenoa,

✚ Groupe 4 (c) avec Industry DR 104,

✚ Groupe 5 (cd) avec Gempride,

✚ Groupe 6 (de) avec TY75,

✚ Groupe 7 (ef) avec Yosra,

✚ Groupe 8 (fg) avec Xina,

✚ Groupe 9 (g) avec Thoriya et

✚ Groupe 10 (h) avec Ponchita.

Rapport poids moyen, longueur moyenne et diamètre moyen d'un fruit selon les variétés

En mettant sur une même figure ces 3 variables, on peut trouver ce qui est plus déterminant pour le poids moyen d'un fruit, entre la longueur moyenne et le diamètre moyen d'un fruit. (Figure 14)

L'analyse de la figure montre que le diamètre moyen du fruit est plus déterminant sur le poids que la longueur moyenne.

Par exemple, si nous considérons la longueur moyenne d'un fruit chez les variétés Chenoa, Industry DR 1040 et FTC 6236, il n'y a pas de différence significative. Cependant, la différence est significative chez ces mêmes variétés, en ce qui concerne le diamètre moyen d'un fruit. La même différence significative est constatée au niveau du poids moyen d'un fruit.

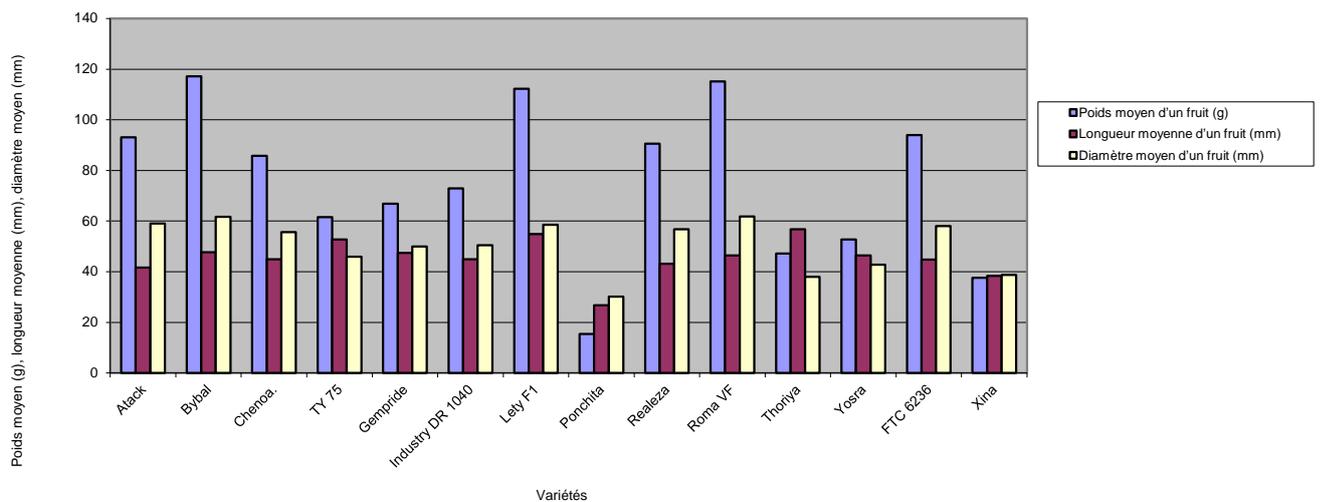


Figure 14 : Rapport poids moyen, longueur moyenne et diamètre moyen d'un fruit en fonction des variétés

Des régressions linéaires permettent de confirmer ou d'infirmer le caractère plus déterminant du diamètre moyen sur la longueur moyenne d'un fruit, en ce qui concerne le poids moyen d'un fruit (Annexe IV bis).

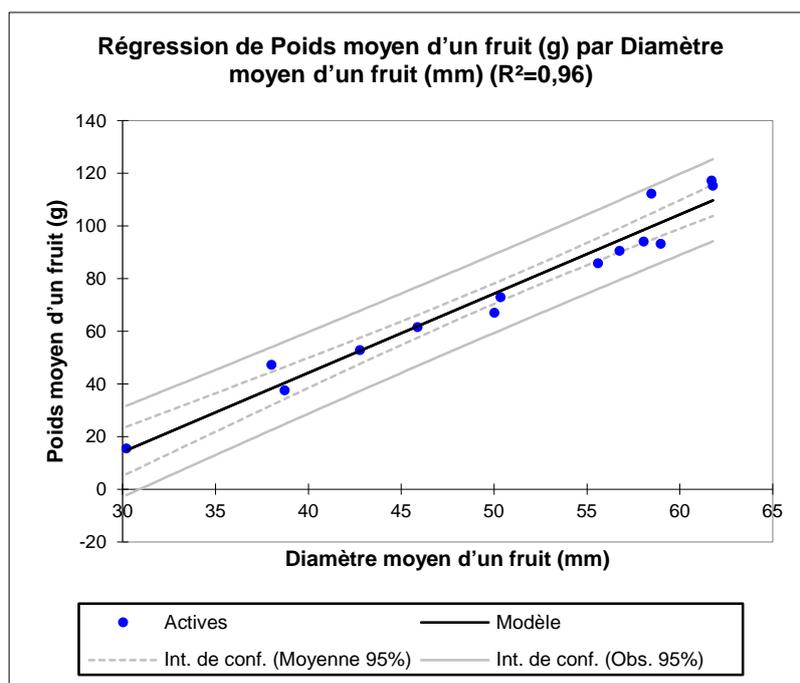


Figure 14 bis: Poids moyen d'un fruit en fonction du diamètre moyen

En effet il existe une corrélation linéaire très élevée, presque parfaite (0,98) entre le poids moyen et le diamètre moyen d'un fruit (Figure 14 bis).

La corrélation linéaire est faible (0,44) entre le poids moyen et la longueur moyenne d'un fruit.

Aussi, nous pouvons faire une régression linéaire du poids moyen d'un fruit à partir du diamètre.

Dans cette prédiction $R^2=0,96$, ce qui est bon car proche de 1.

L'équation du modèle de prédiction peut donc s'écrire de la manière suivante:

$$\text{Poids moyen} = -76,13 + (3,01 \times \text{diamètre moyen})$$

- Poids de fruits consommables

Il varie entre 38,40T/ha pour TY 75 et 8,25T/ha pour Xina.

L'analyse de variance range les différentes variétés en 5 groupes, représentés par les lettres a, b, bc, c et d

- Groupe 1 (a) avec TY 75,
- Groupe 2 (b) avec Ponchita,

- ✚ Groupe 3 (bc) avec Roma SF, Realeza, Atack, Yosra, FTC 6236, Chenoa, Industry DR 1040, Lety, Bybal et Thoriya,
- ✚ Groupe 4 (c) avec Gempride et
- ✚ Groupe 5 (d) avec Xina.

- Poids des fruits non consommables

Il varie entre 20, 41T/ha pour Roma VF et 6, 66T/ha pour Ponchita.

L'analyse de la variance range les différentes variétés en 9 groupes, représentés par a, ab, abc, abcd, abcde, bcde, cde, de et e

- ✚ Groupe 1 (a) avec Roma VF,
- ✚ Groupe 2 (ab) avec Lety,
- ✚ Groupe 3 (abc) avec TY 75,
- ✚ Groupe 4 (abcd) avec Bybal et Industry DR 1040,
- ✚ Groupe 5 (abcde) avec Atack, Gempride, FTC 6236 et Yosra,
- ✚ Groupe 6 (bcde) avec Thoriya,
- ✚ Groupe 7 (cde) avec Chenoa,
- ✚ Groupe 8 (de) avec Xina et
- ✚ Groupe 9 (e) avec Ponchita.

- Rendements (T/ha)

Ils varient entre 55, 85T/ha pour TY 75 et 17, 93T/ha pour Xina (Figure 15)

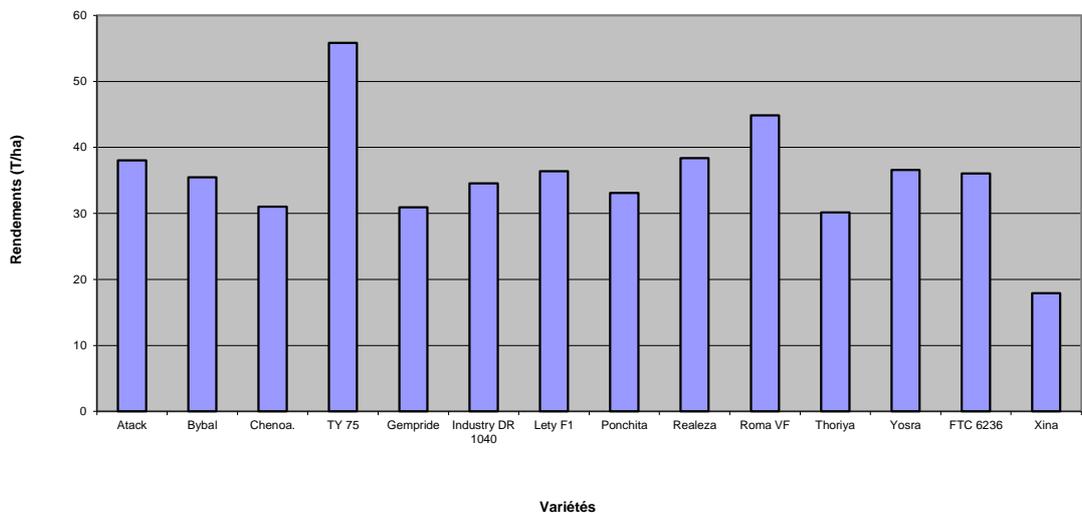


Figure 15 : Rendements en fonction des variétés

L'analyse de variance range les différentes variétés en 5 groupes, représentés par les lettres a, ab, bc, c et d

- ✚ Groupe 1 (a) avec TY 75,
- ✚ Groupe 2 (ab) avec Roma VF,
- ✚ Groupe 3 (bc) avec Realeza, Attack, Lety, FTC 6236, Bybal, Industry DR 1040 et Ponchita,
- ✚ Groupe 4 (c) avec Chenoa, Gempride et Thoriya et
- ✚ Groupe 5 (d) avec Xina.

III.3.2 : Discussion générale

Les 12 variétés issues de l'essai préliminaire ont confirmé leur caractère résistant vis-à-vis du *TYLCV*. En effet, l'incidence et la sévérité de la maladie y sont nulles.

Pour les taux de levée, ils dépassent les 70% et sont pour 11 variétés sur 14, le plus souvent à plus de 90%

Le nombre de fruits par grappe ne montre aucune différence significative entre les différentes variétés, il n'est donc pas ici un paramètre discriminant. Pour le poids moyen d'un fruit, le rapport poids moyen d'un fruit, longueur moyenne d'un fruit et diamètre moyen d'un fruit a montré que le poids moyen est influencé plus par le diamètre moyen que par la longueur moyenne. Ce constat autorise à considérer le diamètre moyen à la place de la longueur moyenne d'un fruit.

Pour le rendement proprement dit, le poids de fruits consommables sera pris en compte parce que les fruits non consommables ne sont pas commercialisables.

En définitive, une bonne comparaison des différentes variétés devra se faire sur la base des rendements en fruits consommables tout en intégrant les 3 variables que sont le nombre de fruits par plant, le poids moyen d'un fruit et diamètre moyen d'un fruit.

Les meilleurs rendements en fruits consommables se situent entre 21,08 et 38,40T/ha. Ils concernent les 7 variétés suivantes : Chenoa (21,08T/ha), FTC 6236 (22,27T/ha), Yosra (23,55T/ha), Attack (24,04 T/ha), Realeza (24,09T/ha), Ponchita (26,44T/ha) et TY75 (38,40Tha). Pour les 5 premières variétés, la différence n'est pas significative.

Zakay et *al.*, (1991), ont utilisé la quantité d'ADN viral présent dans des plantes infectées pour cribler des variétés de tomate. Ils ont trouvé une corrélation négative entre quantité d'ADN viral présent et degré de résistance, et entre degré de résistance et rendement. Plus tard, Fargette et *al.*, (1996), ont confirmé l'existence de cette corrélation entre degré de résistance et quantité d'ADN viral présent dans la plante. Plus récemment, Lapidot et *al.*, (1997), en travaillant sur les variétés TY 172 et TY 197, ont montré leur résistance au *TYLCV* et leur faible perte de récolte par rapport à d'autres variétés commerciales sensibles à la maladie. Cette corrélation n'est toujours pas vérifiée. En effet ces mêmes auteurs ont trouvé des plantes à faible taux d'ADN viral, présentant des rendements plus faibles que des plantes où la quantité d'ADN viral est plus importante. Ceci semble montrer que la résistance variétale pourrait inhiber l'effet du virus mais qu'elle ne suffit pas à elle seule pour expliquer les baisses de rendements, même si elle constitue, par ailleurs, un facteur important.

Conclusion

Toutes les variétés testées ont confirmé les résultats de l'essai préliminaire en ce qui concerne la résistance au *TYLCV*. Les témoins sensibles, Roma VF et Xina, ont été fortement attaqués.

La variété Lety, avec 185 fruits, a produit plus de fruits par plante que toutes les autres. Les variétés Roma VF et Gem Pride suivent de loin avec respectivement 84 et 81,66 fruits.

Le nombre de fruits par grappe ne montre aucune différence significative entre les variétés.

Les variétés Bybal, Roma VF et Lety ont enregistré les meilleurs poids par fruit avec respectivement 117,12g, 115,20g et 112,21g.

En ce qui concerne la longueur moyenne d'un fruit, les variétés Thoriya, Lety et TY75 se sont le plus illustrés avec respectivement 56,81mm, 54,88mm et 52,68mm.

Pour le diamètre moyen d'un fruit, Roma VF avec 61,79mm et Bybal avec 61,72mm, présentent les plus gros calibres.

Pour les rendements en fruits consommables, TY75 (38,40T/ha), Ponchita (26,44T/ha) et Attack (24,04T/ha) ont donné les valeurs les plus élevées. Les variétés Chenoa (9,94T/ha) et Ponchita (6,66T/ha) ont les plus faibles rendements en fruits non consommables.

Les plus fortes productions sont obtenues avec TY 75 (55,85T/ha) et Roma VF (44,87T/ha).

Nous avons repris l'essai, pour évaluer les dégâts observés sur les cultures et causés par *Heliothis armigera* et *Alternaria solani*, dans le cadre d'une étude sur l'efficacité des substances naturelles sur le *TYLC* et les autres nuisibles de la tomate

III.4. ESSAI PRELIMINAIRE SUR LA PROTECTION INTEGREE DU *TYLC* PAR L'UTILISATION DE SUBSTANCES NATURELLES.

Dans cet essai nous avons utilisé des substances naturelles d'origine végétale pour tester leur efficacité sur le *TYLC* et sur d'autres nuisibles de la tomate. Il s'agit d'un test préliminaire non randomisé à partir duquel les traitements révélés efficaces seront utilisés dans un dispositif randomisé, pour confirmation.

III.4.1. Analyse des résultats:

Nos résultats figurent dans le tableau 9 ci-dessous et concernent l'incidence et la sévérité de la maladie, et les autres nuisibles de la tomate.

Tableau 9 : Résultats de l'essai préliminaire sur l'efficacité des substances naturelles sur le TYLC et sur quelques nuisibles de la tomate

Traitements	Incidence du TYLC (%)	Sévérité du TYLC (%)	<i>Liriomyza trifolii</i> (nb de feuilles attaquées)	<i>Bemisia tabaci</i> (nb de mouches)	<i>Heliothis armigera</i> (nb de feuilles attaquées)	<i>Alternaria solani</i> (nb de feuilles attaquées)	<i>Fulvia fulva</i> (nb de feuilles attaquées)
T0 : témoin absolu	75	43,75	2,20	2,98	1,85	2,80	2,16
T1 : témoin non traité	69,56	36,95	2,15	3,56	2,35	3,35	1,76
T2 : extraits aqueux de graines de <i>Neem</i>	50	20,45	2,40	3,60	2,75	3,40	2,30
T3 : poudre de feuilles d' <i>Eucalyptus</i>	75	41,25	1,35	3,16	2,70	2,85	1,40
T4 : extraits aqueux de fruits de <i>Jatropha curcas</i>	61,90	40,47	1,70	2,82	3,30	2,60	1,30
T5 : feuilles fraîches de <i>Carica papaya</i>	68,75	29,68	1,80	2,64	2,60	2,25	1,50
T6 : solution d'ail	65,21	27,17	2,00	1,28	2,35	1,00	2,52
T7 : cendres de bois	58,33	23,95	2,45	2,18	2,55	1,65	2,70
T8 : poudre de feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	65,21	26,08	2,45	2,12	2,00	1,75	2,84
T9 : extraits aqueux de fruits de <i>Balanites aegyptiaca</i>	62,50,	22,91	2,45	1,78	2,60	1,05	2,56
T10 : huile de <i>Neem</i>	62,50	18,75	3,35	1,56	2,25	1,35	3,38
T11 : témoin standard avec Mospilan plus	39,13	9,78	1,40	0,70	1,20	0,55	1,56
T12 : poudre de feuilles de <i>Neem</i>	25	3,75	2,50	0,06	0,95	0,10	3,16

III.4.1.1. Effets des différents traitements sur l'incidence du TYLC (Figure 16) :

L'analyse du tableau 9 montre :

- Dix traitements avec une incidence de plus de 50%. Ces incidences varient entre 75% et 58,33% et concernent T0 et T3 (75%), T1 (69,56%), T5 (68,75%), T9 et T10 (65,50%), T6 et T8 (65,21%), T4 (61,90%) et T7 (58,33%) ;
- A l'exception des traitements à base de Mospilan et de poudre de feuilles de *neem* qui présentent une incidence inférieure à 50%, tous les autres produits utilisés ont une incidence supérieure ou égale à 50%

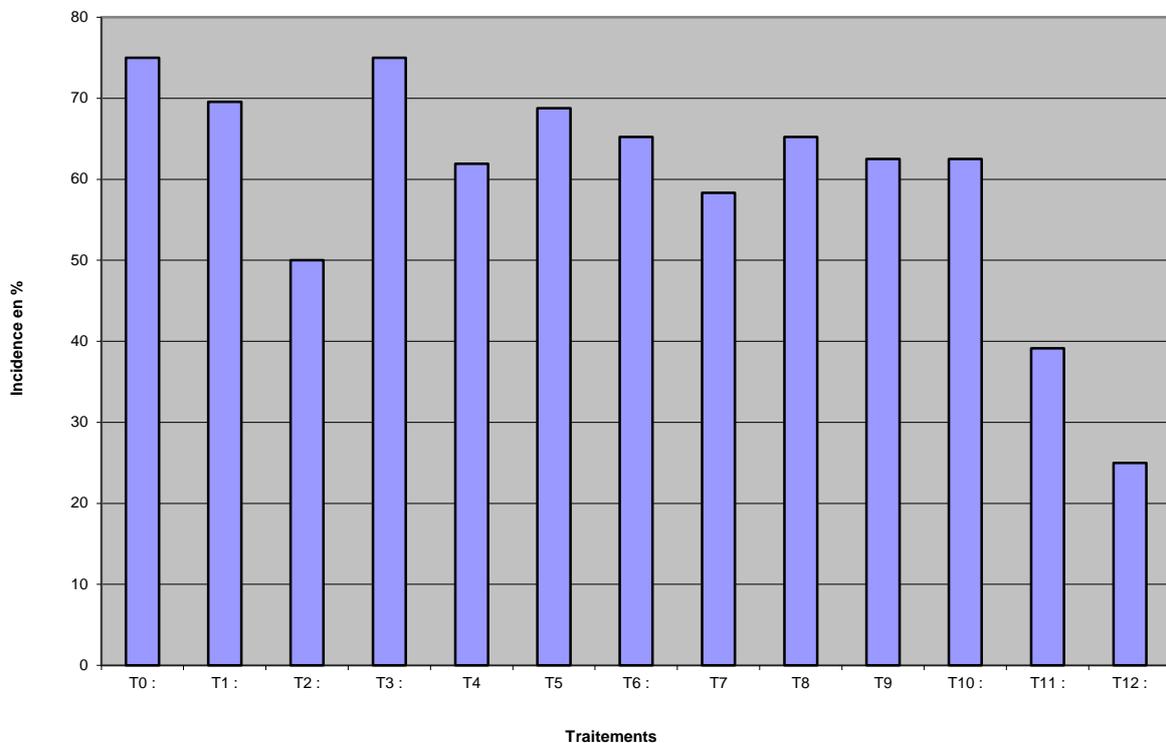


Figure 16 : Incidence du TYLCV (%) en fonction des traitements

III.4.1.2. Effets des différents traitements sur la sévérité du TYLC (Figure 17):

L'analyse du tableau 9 montre des taux de sévérité variant entre 43,75% pour T0 et 3,75% pour T12.

Les taux inférieurs à 25% sont au nombre de six et concernent les traitements suivants: T7 (23,95%), T9 (22,91%), T2 (20,45%), T10 (18,75%), T11 (9,78%) et T12 (3,75%)

Le traitement T12 présente le taux de sévérité le plus faible, mais ce résultat ne sera pas pris en compte à cause d'un problème d'irrigation qui a affecté les plants de la parcelle qui l'abrite.

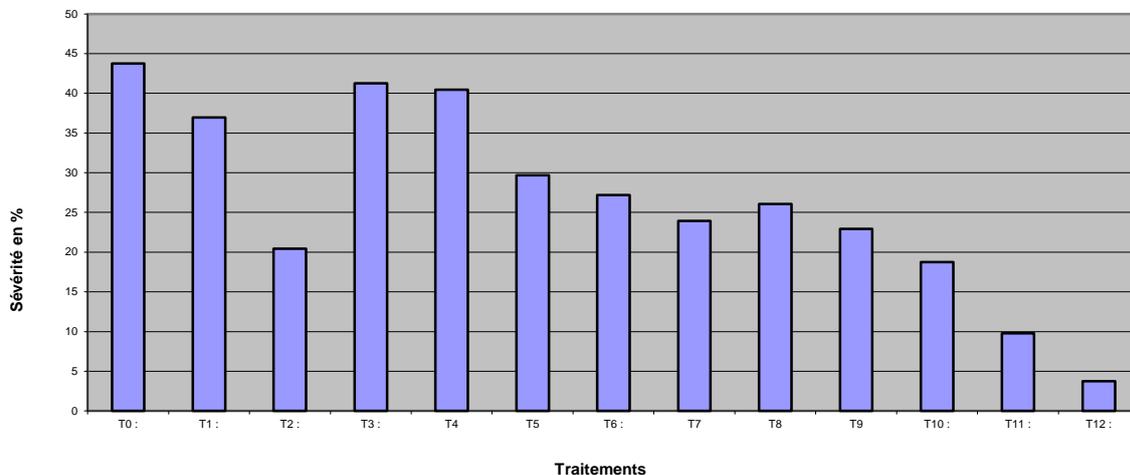


Figure 17 : Sévérité du TYLC (%) en fonction des traitements

III.4.1.3. Effets des traitements sur la relation incidence/sévérité (Figure 18):

De manière générale, les traitements ayant les plus faibles incidences ont des taux de sévérité inférieurs à 25%. Ce sont les traitements T12, T11, T10, T2, T9 et T7.

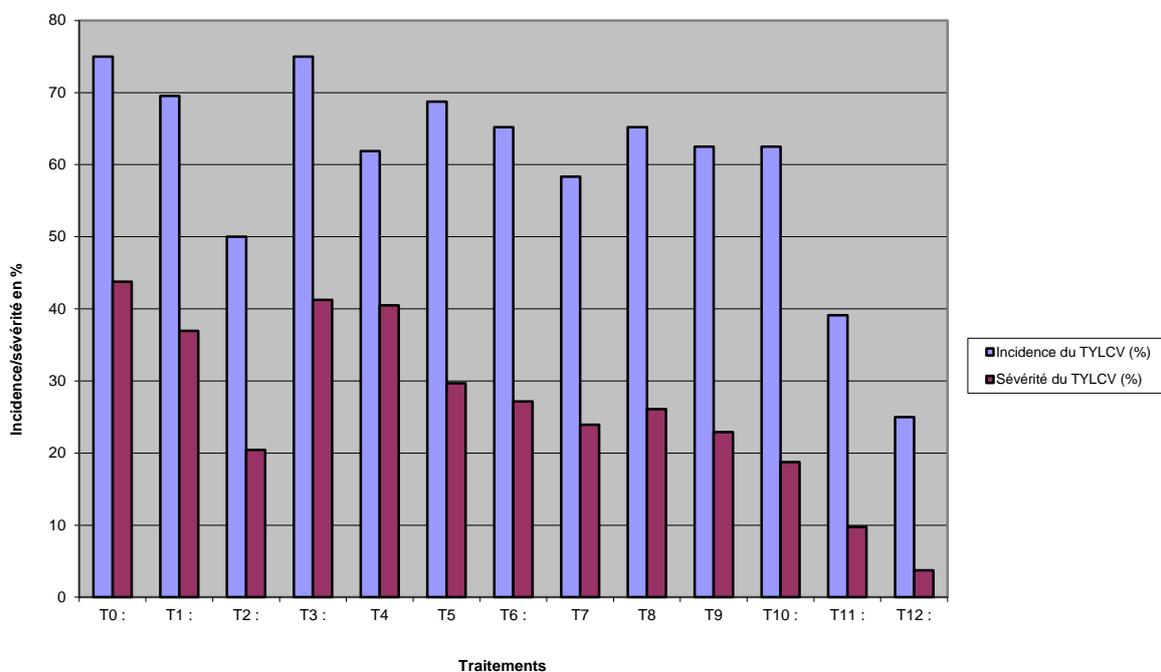


Figure 18 : Relation incidence/sévérité en fonction des traitements

L'analyse des résultats sur les effets des traitements sur la relation incidence/sévérité montre:

- Des traitements ayant à la fois des incidences élevées et des sévérités élevées comme T0, T1, T3 et T4;
- Des traitements ayant des incidences élevées et des sévérités faibles comme T5, T6, T7, T8, T9 et T10;
- Un traitement ayant une incidence faible et une sévérité faible comme le témoin T11.

Il ressort de ces résultats qu'une corrélation positive peut exister ou non entre l'incidence et la sévérité de la maladie. Ils montrent également que les substances naturelles utilisées n'ont pas la même efficacité. Certaines agissent sensiblement à la fois sur les aspects quantitatif et qualitatif de la maladie, représentés respectivement par l'incidence et la sévérité, tandis que d'autres agissent uniquement sur l'un de ces deux paramètres.

III.4.1.4. Effets des différents traitements sur les maladies et autres nuisibles de la tomate:

Nos observations concernent l'Alternariose, la Cladosporiose, la mouche mineuse, la noctuelle de la tomate et la mouche blanche.

Pour l'alternariose, elle a été présente tout au long de la culture avec des valeurs diverses pour les différents traitements. Ainsi les applications T12 et T6 se sont mieux comportées, suivies de T11, T9, T8 et T5.

Pour la Cladosporiose, les valeurs (représentées par le nombre moyen de feuilles atteintes) varient de 1,30 pour T4 à 3,38 pour T10. Les meilleurs résultats sont affichés par les traitements T4, T3, T5 et T11 avec respectivement 1,30, 1,40, 1,50 et 1,56.

Pour la mouche mineuse (*Liriomyza trifolii*), les dégâts ont été maintenus à des proportions réduites du fait de certains traitements tels que T3, T4, T5 et T11.

Pour la noctuelle de la tomate (*Heliothis armigera*), les traitements T12 et T11 ont donné les meilleurs résultats pour la réduction des attaques sur feuilles dues aux larves de l'insecte.

Pour la mouche blanche (*Bemisia tabaci*), le nombre moyen varie entre 0,06 pour T12 et 3,60 pour T2. De manière générale, les meilleurs traitements semblent être T12, T11, T6, T10 et T9 avec respectivement 0,06, 0,70, 1,28, 1,56 et 1,78.

L'analyse de ces résultats semble montrer que les traitements efficaces contre la cladosporiose (maladie cryptogamique) le sont également contre *Liriomyza trifolii* (insecte). Les substances extraites de *Eucalyptus*, *Jatropha* et *Carica* auraient donc des propriétés antifongiques et insecticides.

III.4.1.5. La relation présence de mouche la blanche/sévérité du TYLC:

Les meilleures sévérités, c'est-à-dire celles inférieures à 25%, sont en relation avec le degré de présence de la mouche blanche, sauf pour le traitement T2. (**Figure 19**)

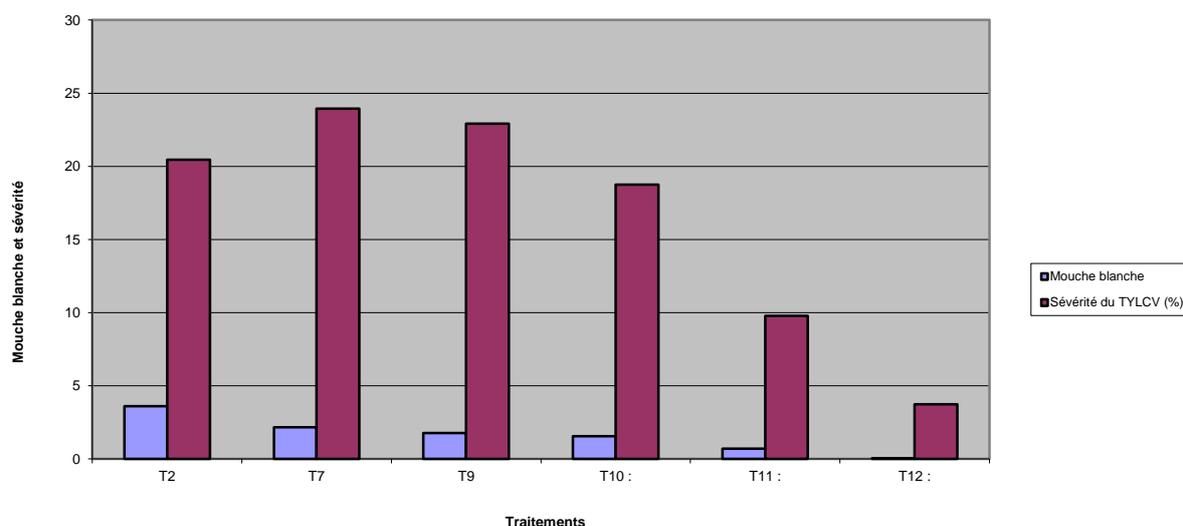


Figure 19: Relation présence de la mouche blanche/sévérité du TYLC

L'analyse de tels résultats semble montrer que plus il ya de mouches blanches, vecteurs de la maladie, plus la sévérité de celle-ci est grande. En effet l'augmentation du nombre de mouches blanches pourrait se traduire par une augmentation de la quantité d'*inoculum* infectant la plante et par conséquent par une attaque plus sévère du *TYLC*.

III.4.1.6. Les rendements:

Nous avons apprécié la qualité des rendements à partir du pourcentage des fruits consommables (commercialisables) et de celui des fruits non consommables (non commercialisables).

Nos résultats sont consignés dans le tableau 10 ci-dessous:

De T0 à T6, le pourcentage du poids des fruits non consommables est supérieur à celui des fruits consommables.

De T7 à T12, le pourcentage du poids des fruits non consommables est inférieur à celui des fruits consommables.

L'analyse des résultats ci-dessous semblent montrer que les traitements T7, T8, T9, T10, T11 et T12 sont plus efficaces car ils ont entraîné le moins de pertes de fruits.

Tableau 10 : Effets des traitements sur la qualité des rendements

Traitements	Fruits consommables				Fruits non consommables				Nombre total de fruits	Poids total des fruits
	Nombre		Poids (kg)		Nombre		Poids (kg)			
	Valeur absolue	%	Valeur absolue	%	Valeur absolue	%	Valeur absolue	%		
T0	267	13,52	9,2	26,66	1708	86,48	25,315	73,34	1975	34,515
T1	261	14,33	8,275	23,98	1560	85,67	26,235	76,02	1821	34,51
T2	372	19,60	14,925	33,39	1526	80,40	29,775	66,61	1898	44,7
T3	213	14,42	7,725	25,48	1264	85,58	22,598	74,52	1477	30,323
T4	432	21,72	12,265	34,32	1557	78,28	23,475	65,68	1989	35,74
T5	943	36,14	12,25	40,79	1666	63,86	17,78	59,21	2609	30,03
T6	659	31,74	7,775	38,13	1417	68,26	12,615	61,87	2076	20,39
T7	742	42,82	12,24	58,26	991	57,18	8,77	41,74	1733	21,01
T8	938	50,21	12,175	62,89	930	49,79	7,185	37,11	1868	19,36
T9	901	49,37	12,86	63,24	924	50,63	7,475	36,76	1825	20,335
T10	897	53,20	12,61	61,38	789	46,80	7,935	38,62	1686	20,545
T11	705	64,15	10,002	77,40	394	35,85	2,9209	22,60	1099	12,9229
T12	147	95,45	2,475	75,14	7	4,55	0,8189	24,86	154	3,2939

La figure 20 illustre nos résultats.

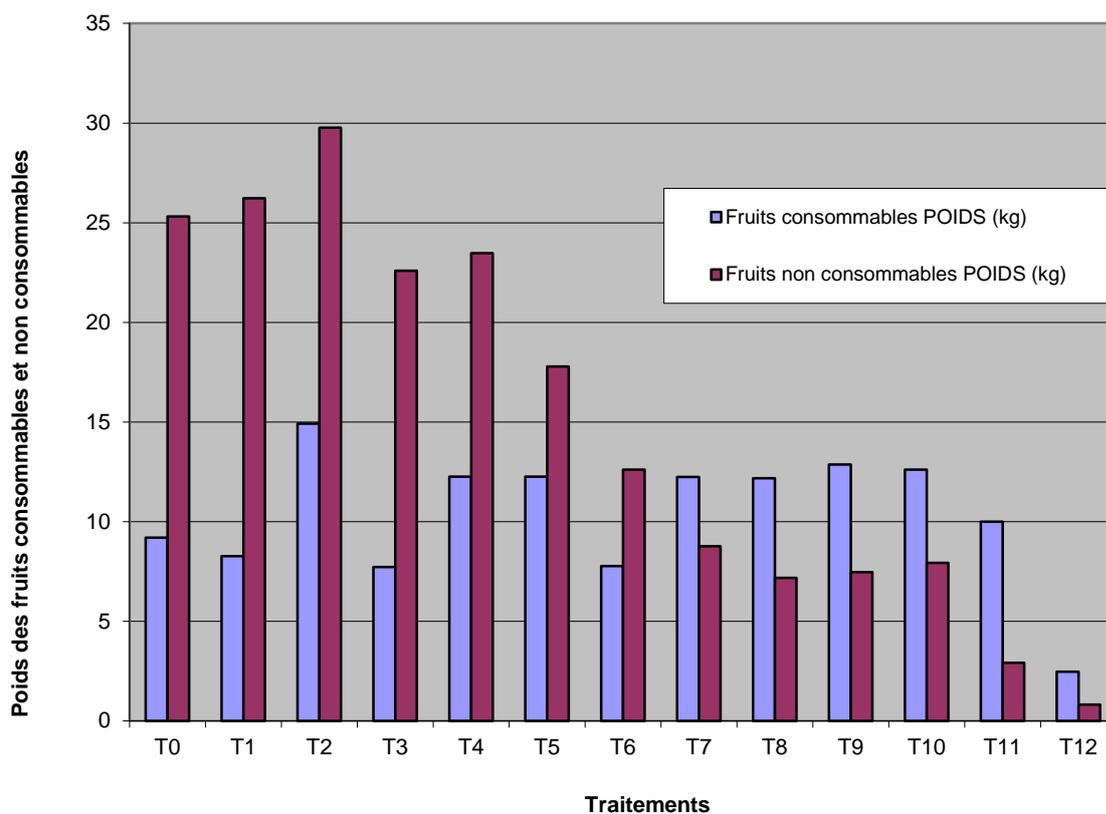


Figure 20: Poids des fruits consommables et non consommables en fonction des traitements

III.4.2. Discussions

Les traitements ayant donné les taux de sévérité inférieurs à 25% peuvent être considérés comme efficaces même si leurs incidences sont par ailleurs élevées.

Les pertes (fruits non consommables) dues, certainement aux maladies cryptogamiques et autres nuisibles, sont sensiblement plus élevées chez les traitements où les taux de sévérité sont supérieurs à 25% sauf chez T2.

A l'opposé, les traitements ayant les plus faibles pertes sont ceux ayant des taux de sévérité inférieurs à 25%. Ceci semble établir une corrélation positive entre sévérité de la maladie et qualité de la récolte.

Les meilleurs rendements, en termes de qualité de la production, se situent entre T7 et T12 où les traitements sont les plus efficaces sauf pour T8 (qui dépasse légèrement 25% car se situant à 26,08%), tandis que les rendements les plus faibles concernent les traitements allant de T0 à T6 où ils sont les moins efficaces. Pour T9 (graines de *Balanites aegyptiaca*), Hugues DUPRIEZ et al., (2001), ont signalé leurs propriétés insecticides et insectifuges. Les mêmes

auteurs ont également noté l'efficacité des cendres de bois (T7) qui agissent de manière mécanique contre les insectes phytophages.

Pour l'essentiel des traitements les plus efficaces, nous avons le "Neem". Il s'agit de T2 (extraits aqueux des graines), T10 (huile de *Neem*) et T12 (solution aqueuse de poudre des feuilles). Ces résultats concernant le *Neem* confirment ceux de KUISEU, (2004). Selon lui toutes les parties de *Azadirachta indica* peuvent être utilisées pour la protection des cultures, mais ce sont les graines qui contiennent la plus grande teneur en substances actives (Azadirachtines A et B, solanine, melianthiol et nimbine) qui agissent comme insecticide, anti-appétant, inhibiteur de croissance, nématocide, fongicide et antiviral, en intoxiquant la cible par ingestion ou par voie systémique. Selon HARBONE (1988) les triterpénoïdes répulsifs des insectes sont signalés dans les fruits de *Neem* avec leur chef de file l'azadirachtine, efficace sur une trentaine d'espèces d'insectes des cultures. Les triterpènes tels que les cucurbitacines découragent la prise alimentaire et repoussent la plupart des insectes phytophages.

Conclusion

L'analyse globale des résultats issus de ce test d'efficacité de produits naturels d'origine végétale pour lutter contre les ennemis de la tomate, a donné quelques résultats intéressants.

Ainsi pour le contrôle de la mouche blanche, les traitements T12, T11, T6 et T10 ont pu maintenir le niveau de ses populations assez bas mais dans un temps assez limité du fait de l'instabilité connue des produits à base de «*Neem*»

Pour la noctuelle, les traitements T12 et T11 semblent les meilleurs.

En ce qui concerne la mouche mineuse, les traitements T3, T11, T4 et T5 ont réduit sensiblement les nombreuses galeries creusées sur la face supérieure des feuilles.

Pour l'alternariose les traitements T12 et T11 paraissent les meilleurs.

Pour la cladosporiose, les traitements T4, T3, T5 et T11 semblent plus efficaces.

Au regard des paramètres entrant dans l'évaluation du rendement (fruits consommables et non consommables, production globale), tant du point de vue nombre de fruits que poids par unité parcellaire, les traitements T11 et T12 ne sont pas pris en compte car leur niveaux de production sont restés globalement faibles du fait d'un déficit d'irrigation au moment de la

nouaison. Pour le reste, les résultats sont mitigés et difficiles à interpréter. Cependant, en comparant les fruits consommables et non consommables en nombre et en poids, les traitements T7, T8, T9 et T10 pourraient être les meilleurs.

Au total, en guise de synthèse, on peut considérer, sous réserve d'un test classique de confirmation, que les traitements les plus efficaces sont T2, T7, T9, T10, T11 et T12. Ils concernent pour l'essentiel les extraits à base de «*Neem*», c'est le cas des graines (T2), des feuilles (T12) et de l'huile (T10). Les autres concernent les cendres de bois (T7), les fruits mûrs de *Balanites* (T9) et le traitement standard au Mospilan (T11).

Pour la suite du travail, nous avons repris l'essai avec ces traitements supposés plus efficaces, avec randomisation à 3 répétitions.

III.5. ESSAI AVANCE SUR LA PROTECTION INTEGREE DU TYLC PAR L'UTILISATION DE SUBSTANCES NATURELLES.

III.5.1. Analyse des résultats

Nos résultats figurent dans le tableau 11 ci-dessous et concernent l'incidence et la sévérité de la virose, le nombre de mouches blanches, les attaques dues à *Heliothis* et *Liriomyza*, les pourritures et autres dégâts, et les rendements.

Le tableau 12 donne une comparaison des moyennes pour les différentes variables.

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des variables mesurées

Traitements	Incidence du TYLC (%)	Sévérité du TYLC (%)	Nombre de mouches blanches	Mouche mineuse (nombre de feuilles attaquées)	<i>Heliothis</i> (nombre de feuilles attaquées)	Rendements (T/ha)
T ₀	14,34 %	4,85 %	1,34	0,85	2,28	34,330
T ₁	12,49 %	2,54 %	1,13	0,75	1,77	32,040
T ₂	5,50 %	1,38 %	0,59	0,61	1,55	32,870
T ₃	10,48 %	0,99 %	1,05	0,77	2,13	30,030
T ₄	7,71 %	0,76 %	0,77	0,63	2,34	30,193
T ₅	8,94 %	0,38 %	0,40	0,70	2,03	38,232
T ₆	8,32 %	0,61 %	0,53	0,47	0,29	42,991

Tableau 12: Comparaison des moyennes

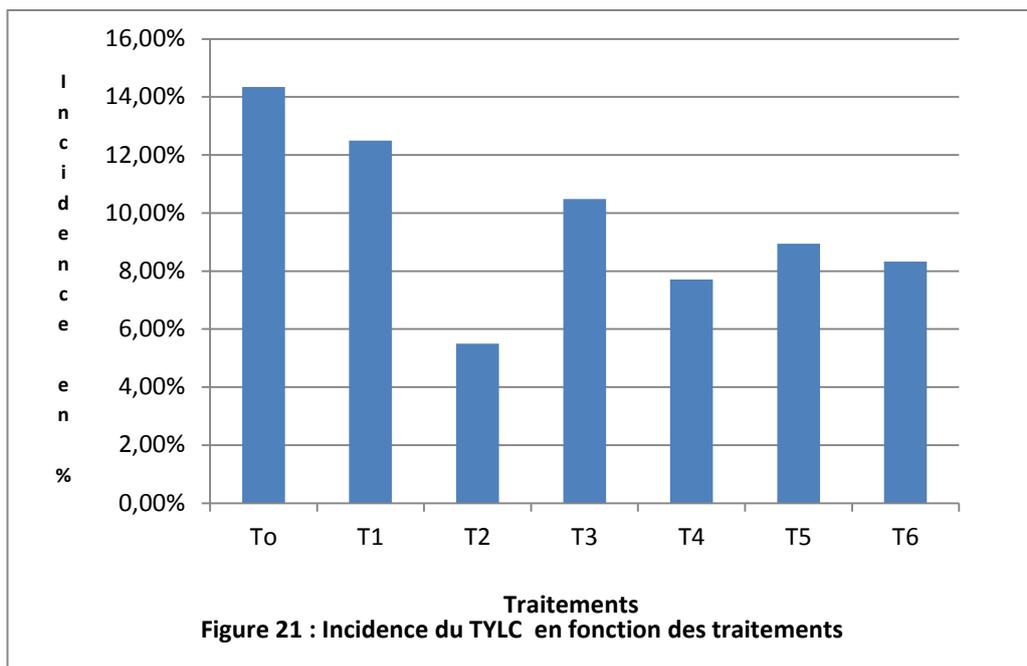
Traitement	Mouches blanches	Mouches mineuses	<i>Heliothis</i> sur feuilles	Sévérité du TYLC	Incidence Du TYLC	Poids de fruits attaqués par <i>Heliothis</i>	Poids de fruits Consom. kg	Poids de Fruits non consommés	Rendts
T0	1.340 a	0.852 a	2.287 a	4.85 a	14.34 b	6.771 a	8.739 b	11.133 a	19.872 a
T1	1.130 a	0.753 ab	1.777 ab	2.54 ab	12.49 bc	5.321 a	7.613 b	9.688 ab	17.302 a
T2	0.597 a	0.610 c	1.553 b	1.36 b	5.55 c	5.610 a	8.265 b	9.485 ab	17.750 a
T3	1.053 a	0.773 ab	2.133 ab	0.99 b	10.48 c	6.895 a	5.983 b	9.297 ab	16.217 a
T4	0.777 a	0.630 bc	2.340 a	0.76 b	7.71 bc	6.933 a	5.646 b	10.70 ab	16.305 a
T5	0.407 a	0.707 c	2.030 ab	0.38 b	8.94 bc	7.698 a	8.350 b	11.890 a	20.646 a
T6	0.533 a	0.477 c	0.297 c	0.61 b	8.94 c	1.659 b	16.247 b	6.968 b	23.216 a
CV %	22,57	24,80	12,66	54,84	28,49	14,04	15,73	12,65	9,83
PPDS	0.772	0.576	0.579	3.147	7.67	3.144	5.806	4.186	6.621

NB : Les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de séparation des moyennes de Duncan.

III.5.1.1: L'incidence de la maladie en fonction des traitements

L'analyse du tableau montre des incidences variant entre 14,34% pour T₀ et 5,50% pour T₂. Les autres valeurs de l'incidence sont 12,49% pour T₁, 10,48% pour T₃, 7,71 % pour T₄, 8,94 % pour T₅, et, 8,32 % pour T₆. Donc aucune incidence n'atteint les 15%. Cependant les plus grandes valeurs (14,34% et 12,49%) intéressent les témoins non traités (T₀ et T₁)

La figure 21 illustre l'incidence du TYLC en fonction des traitements.



L'analyse statistique de nos résultats (tableau 12) range nos différents traitements en:

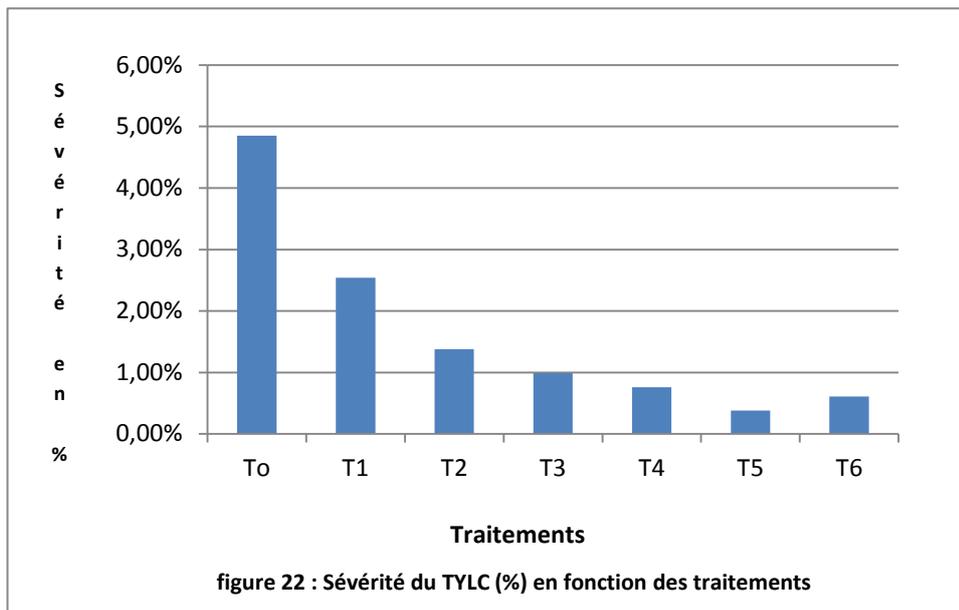
- 4 groupes significativement différents (a, ab, bc et c) pour les mouches mineuses,
- 4 groupes significativement différents (a, b, ab et c) pour *Heliothis* sur feuilles,
- 3 groupes significativement différents (a, b et ab) pour la sévérité du *TYLC*,
- 3 groupes significativement différents (b, bc et c) pour l'incidence du *TYLC*,
- 2 groupes significativement (a et b) pour le poids des fruits attaqués par *Heliothis* et enfin
- 3 groupes significativement différents (a, b et ab) pour le poids des fruits non consommables. Concernant les mouches blanches, le poids des fruits consommables et les rendements, il n'y a pas de différence significative entre les traitements.

L'interprétation de ces résultats montre que les traitements les plus efficaces sur l'incidence de la maladie semblent être T2, T3 et T6.

III.5.1.2. La sévérité de la maladie en fonction des traitements

L'analyse du tableau montre des taux de sévérité variant entre 4,85% pour T₀ et 0,31% pour T₅. Les autres taux sont de 2,54% pour T₁, 1,38% pour T₂, 0,99% pour T₃, 0,76% pour T₄, 0,38% pour T₅ et 0,61% pour T₆. Ces taux sont bas et aucun d'entre eux n'atteint les 5%. Cependant les taux les plus élevés concernent les parcelles non traitées T₀ et T₁.

La figure 22 illustre les taux de sévérité du TYLC en fonction des traitements.



L'analyse statistique de nos résultats (tableau 12) range nos différents traitements en 3 groupes.

L'interprétation de ces résultats montre que les traitements les plus efficaces sur la sévérité de la maladie semblent être T₂, T₃, T₄, T₅ et T₆.

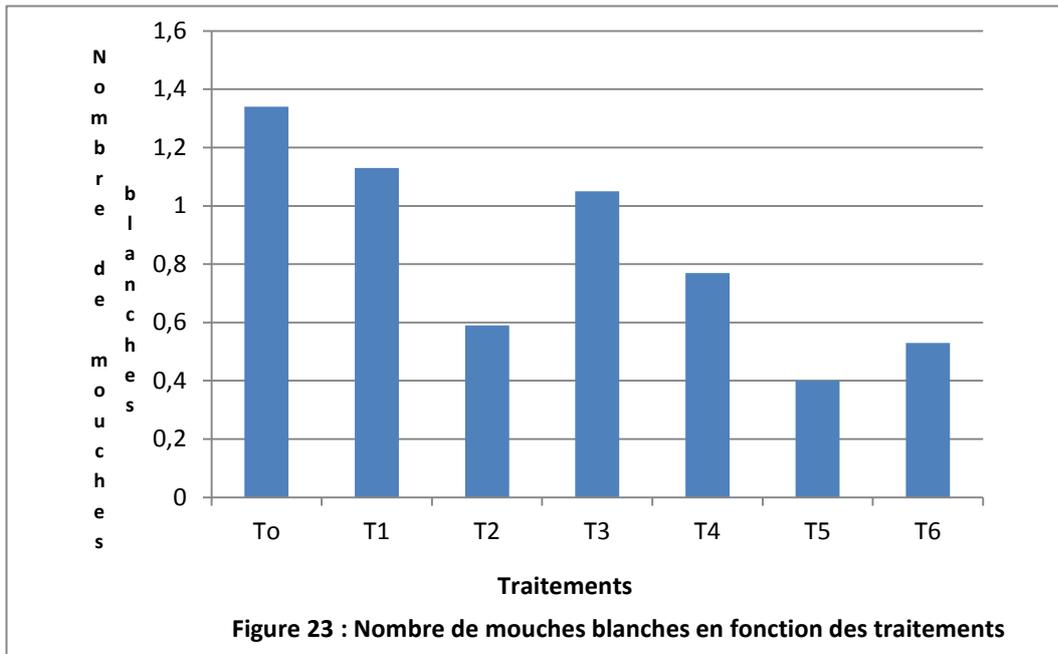
III.5.1.3. La mouche blanche

Les moyennes varient entre 1,34 pour T₀ et 0,40 pour T₅. Les autres valeurs sont 1,13 pour T₁, 0,59 pour T₂, 1,05 pour T₃, 0,77 pour T₄, et

0,53 pour T₆. Ces moyennes sont faibles et inférieures à 2.

L'étude de l'évolution du nombre de mouches blanches en fonction des traitements (annexe V) fait ressortir une diminution progressive de ce nombre au cours du temps, mais de façon variable suivant les traitements. Même chez les deux témoins non traités, la même diminution est constatée.

La figure 23 illustre cette évolution :



A la dernière date d'observation le nombre de mouches tombe à zéro pour tous les traitements, sauf peut-être pour T₀ qui est à 0,03.

De manière générale les traitements ont pu maintenir les niveaux de population de mouches blanches assez bas, voire les annuler sur une période relativement courte.

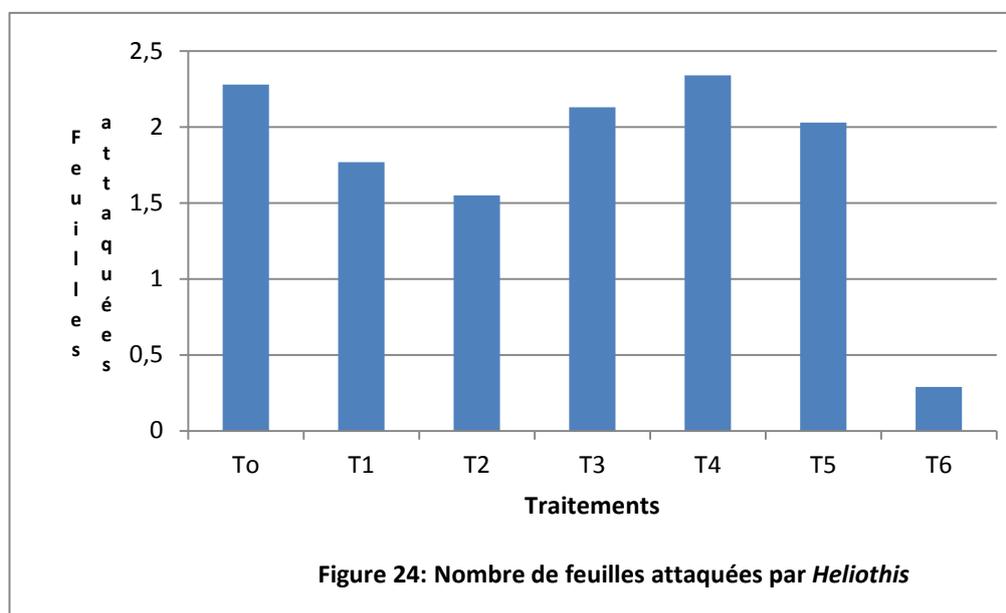
Ici les meilleurs traitements semblent être T₂, T₅, et T₆.

III. 5. 1. 4. *Heliothis armigera* (la noctuelle de la tomate)

Le nombre moyen de feuilles attaquées varie entre 2,34 pour T₄, et 0,29 pour T₆, Les autres valeurs sont 2,28 pour T₀, 1,77 pour T₁, 1,55 pour T₂, 2,13 pour T₃, et 2,03 pour T₅.

A part le traitement T₆, les autres ne semblent pas efficaces contre *Heliothis*. Ceci apparaît nettement dans l'évolution de l'attaque au cours du temps (annexe VI)

La figure 24 illustre l'évolution de l'attaque au cours du temps et en fonction des traitements :



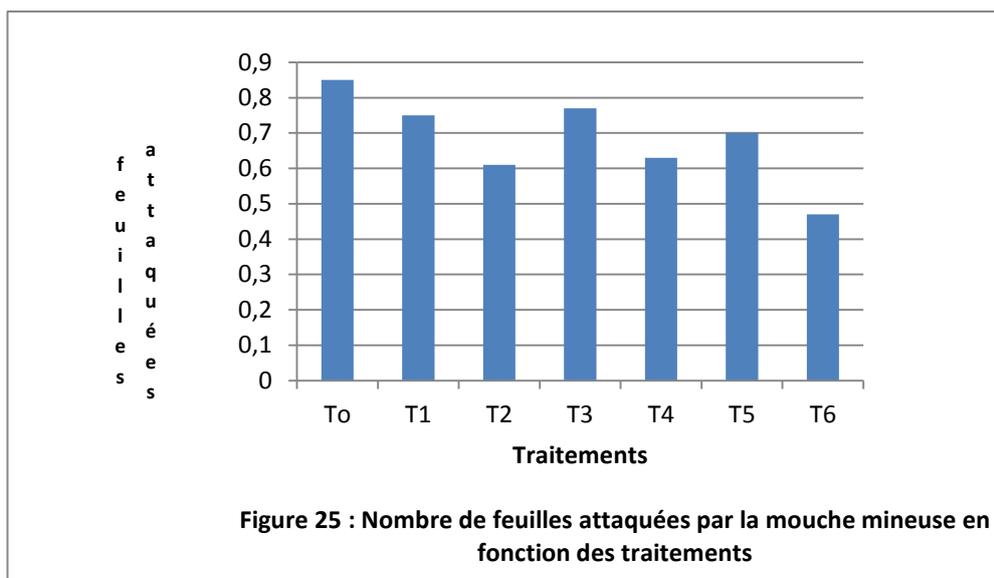
L'analyse statistique de nos résultats range les traitements en 4 groupes. L'interprétation de tels résultats montre que les traitements les plus efficaces seraient T₂ et T₆.

III. 5. 1. 5. La mouche mineuse

Le nombre moyen de feuilles attaquées varie entre 0,85 pour T₀ et 0,47 pour T₆

Les autres valeurs sont 0,75 pour T₁, 0,61 pour T₂, 0,77 pour T₃, 0,63 pour T₄ et 0,70 pour T₅. Les moyennes sont faibles et n'atteignent pas 1.

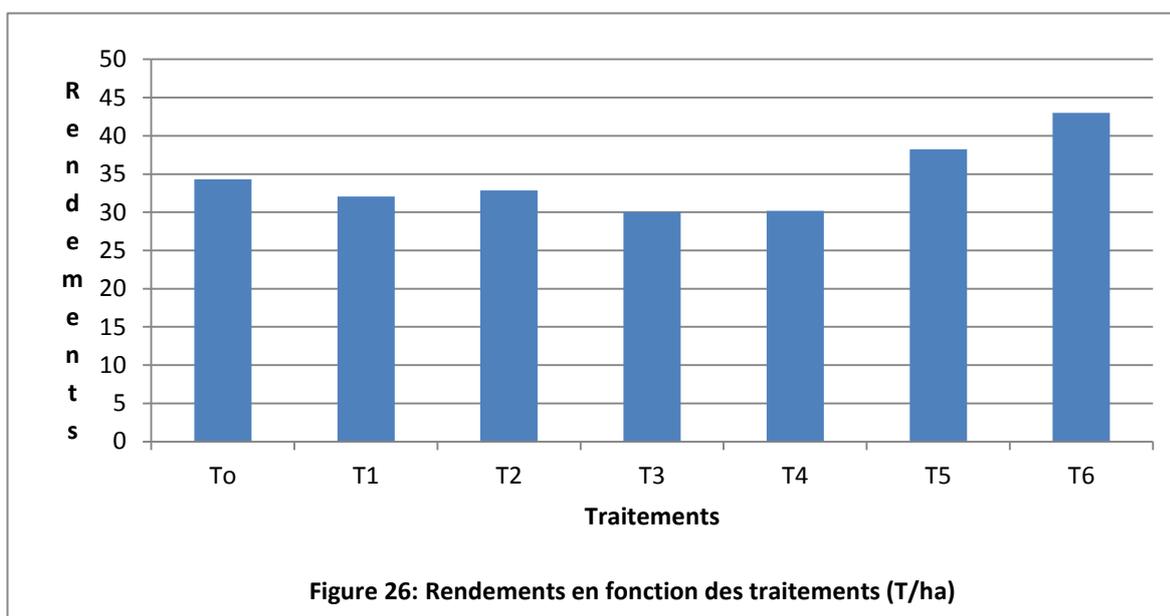
Ces différentes moyennes ne montrent pas l'efficacité d'un traitement sur un autre, même par rapport aux traitements non traités T₀ et T₁ (Figure 25).



III. 5. 1. 6. Les rendements

Les rendements varient entre 42,99T/ha pour T6 et 30,03T/ha pour T3. Les autres valeurs sont 34,33T/ha pour T0, 32,04T/ha pour T1, 32,87 T/ha pour T2, 30,19T/ha pour T4 et 38,23T/ha pour T5.

La figure 26 illustre les rendements en fonction des traitements.



L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative pour ce qui concerne le poids de fruits consommables. Par contre une différence significative est notée sur le poids de fruits

non consommables. Concernant le rendement total, aucune différence significative n'est notée entre les différents traitements.

Les rendements les plus élevés intéressent les traitements T5 et T6.

III. 5. 2. Discussion générale

De manière générale les taux d'incidence et de sévérité ne sont pas élevés, même chez les témoins non traités, donc la virose n'était pas très présente.

Cependant les traitements ont présenté des différences significatives entre eux.

En ce qui concerne l'incidence et la sévérité, les traitements les plus efficaces seraient T2, T3, T5 et T6 si l'on fait la synthèse des résultats obtenus d'après l'analyse des moyennes.

Pour la mouche blanche, les différences ne sont pas significatives. Par contre pour la mouche mineuse et la noctuelle de la tomate, les traitements T2 et T6 se distinguent des autres.

Les meilleurs rendements sont obtenus avec T5 et T6.

Une synthèse globale de l'efficacité des différents traitements montre qu'elle intéresse les traitements à base de « *Neem* » (les graines et l'huile) et le témoin standard, Mospilan.

Ce constat confirme les résultats de l'essai préliminaire effectué à Sangalkam en mars-avril 2007 et qui avaient montré l'efficacité du « *Neem* » dans le contrôle du *TYLC*.

Ces résultats concernant le *Neem* confirment ceux obtenus par KUISEU (2004). Selon cet auteur, toutes les parties de *Azadirachta indica* peuvent être utilisées pour la protection des cultures, mais ce sont les graines qui contiennent la plus grande teneur en substances actives (Azadirachtines A et B, solanine, melianthiol et nimbine) qui agissent comme insecticide, anti-appétant, inhibiteur de croissance, nématocide, fongicide et antiviral, en intoxiquant la cible par ingestion ou par voie systémique. Selon HARBONE (1988) les triterpénoïdes répulsifs des insectes sont signalés dans les fruits de *Neem* avec comme substance principale l'azadirachtine, efficace sur une trentaine d'espèces d'insectes des cultures. Les triterpènes tels que les cucurbitacines découragent la prise alimentaire et repoussent la plupart des insectes phytophages.

Conclusion

Au terme de cet essai sur le contrôle du *TYLC* par les bio pesticides, on peut retenir pour l'essentiel, que les extraits aqueux des graines de «*Neem*» (T2) et l'huile de «*Neem* » (T5) sont efficaces, de même que le témoin standard (T6) qui se trouve être le Mospilan plus EC 388 dont les matières actives sont la cyperméthrine, l'acétamipride et le triazophos.

Les variétés de tomates retenues dans les études précédentes, pour leur caractère résistant ou tolérant à la maladie, seront comparées dans leurs performances, en station et en milieu paysan, à partir des paramètres tels que l'incidence du *TYLC*, sa sévérité, l'alternariose (maladie cryptogamique fréquente) et les rendements,

III.6. EVALUATION EN CHAMP ET EN STATION DE VARIETES DE TOMATES RESISTANTES AU TYLCV

III.6.1. Résultats

Nos résultats figurent dans les tableaux 13 et 14 suivants, et intéressent les 4 variables suivantes: l'incidence du TYLC, sa sévérité, l'alternariose et les rendements (T/ha) chez les variétés étudiées.

Tableau 13: Résultats des variables mesurées en station et en milieu paysan, chez les variétés issues du criblage des 41 variétés de tomate :

Variétés	Incidence du TYLC (%)		Sévérité du TYLC (%)		Alternariose (Nb moyen de feuilles attaquées)		Rendements (T/ha)	
	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan
Gempride	0	0	0	0	3,05	3,25	30,93	23,004
Atak	0	0	0	0	3,88	3,72	38,04	24,004
Yosra	0	0	0	0	3,86	3,92	36,59	22,233
FTC6236	0	0	0	0	3,44	3,48	36,05	23,489
Realeza	0	0	0	0	3,77	3,83	38,37	24,372
Leyti F1	0	0	0	0	2,30	3,01	34,41	25,215
Xina	82,22 %	64,50 %	100 %	-	3,86	3,92	17,93	18,524

Tableau 14 : Résultats des variables mesurées en station et en milieu paysan, chez les variétés issues du criblage des 38 variétés de tomate:

Variétés	Incidence du <i>TYLC</i> (%)		Sévérité du <i>TYLC</i> (%)		Alternariose		Rendements (T/ha)	
	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan	En station	En milieu paysan
Athyla	0	0	0	0	3,69	3,17	32,908	19,247
Dennolinio	0	0	0	0	3,77	3,08	18,228	21,514
Espadiha	0	0	0	0	3,80	3,44	6,912	33,424
Porfyrla	0	0	0	0	3,77	3,63	37,336	19,395
Sensei	3,84	0	0,96	0	3,24	3,18	44,269	30,151
Ty – 75	0	0	0	0	3,05	3,19	53,37	27,125
Xina	88,46 %	74,99 %	49,03 %	-	3,94	3,88	12,372	24,325

III.6.1.1. L' incidence du *TYLC*

- Chez les variétés issues du criblage des 41 variétés de tomates, l'incidence est nulle chez toutes les variétés, aussi bien en station qu'en milieu paysan, sauf chez le témoin Xina (82,22% et 64,50).
- Chez les variétés issues du criblage des 38 variétés de tomates, l'incidence est également nulle chez toutes les variétés, aussi bien en station qu'en milieu paysan, sauf chez la variété Sensei où elle est de 3,84% en station et chez le témoin Xina où elle est de 88,46% en station et 74,99% en milieu paysan.

III.6.1.2. La sévérité du TYLC

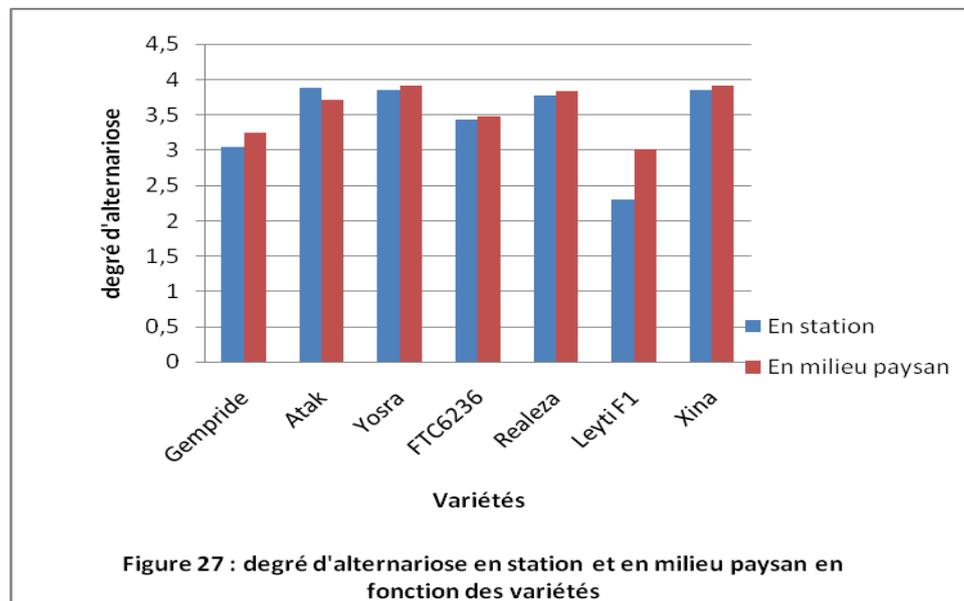
Elle est nulle chez toutes les variétés issues des deux criblages, aussi bien en station qu'en milieu paysan.

III.6.1.3. L'alternariose

Chez les variétés issues des 41:

- En station: le degré d'alternariose, représenté par le nombre moyen de feuilles attaquées, varie entre 2,30 pour Leyti F1 et 3,88 pour Atak. Les autres valeurs sont 3,05, 3,44, 3,77 et 3,86 et intéressent respectivement Gempride, FTC 6236, Realeza et Yorsa et le témoin Xina.
- En milieu paysan: ce degré varie entre 3,01 pour Leyti F1 et 3,92 pour Yorsa et le témoin Xina. Les autres valeurs sont 3,25 pour Gempride, 3,48 pour FTC 6236, 3,72 pour Atak et 3,83 pour Realeza.

La figure 27 illustre le degré d'alternariose en station et en milieu paysan chez ces différentes variétés.

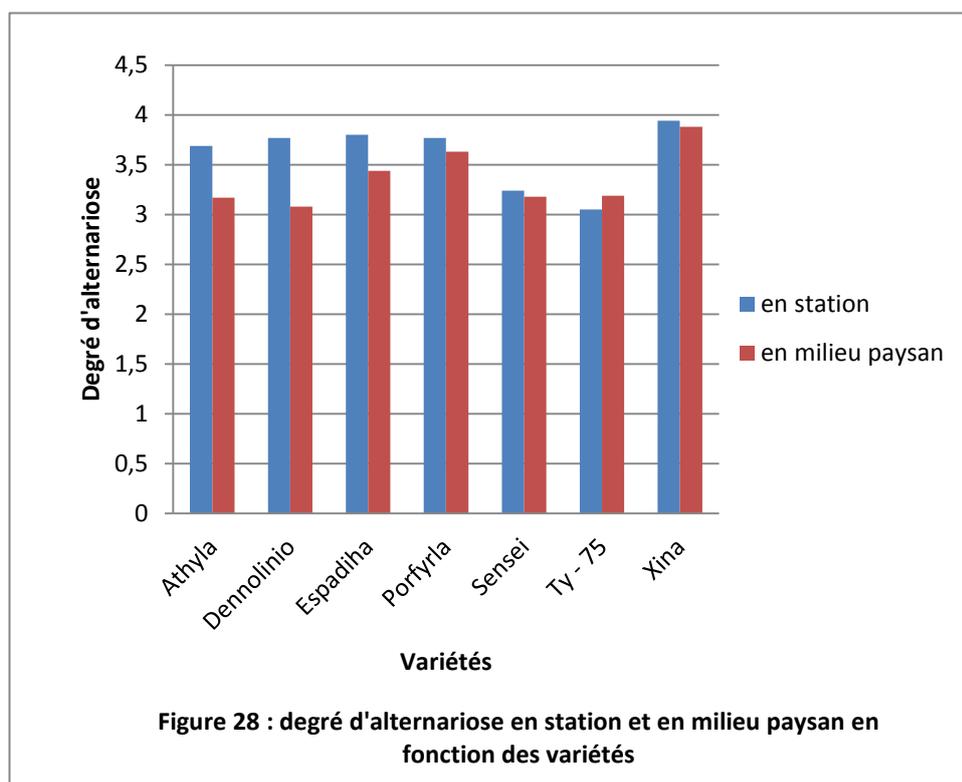


Chez les 38 variétés:

- En station: le degré d'alternariose varie entre 3,05 pour TY-75 et 3,94 pour Xina, le témoin. Les autres valeurs sont 3,24 pour Sensei, 3,69 pour Athyla, 3,77 pour Donnolino et Porfyrila, et 3,80 pour Espadiha.

- En milieu paysan: il varie entre 3,08 pour Donnolino et 3,88 pour Xina. Les autres valeurs sont 3,17 pour Athyla, 3,18 pour Sensei, 3,19 pour TY-75, 3,44 pour Espadiha et 3,3 pour Porfyrla.

La figure 28 illustre le degré d'alternariose en station et en milieu paysan chez ces différentes variétés.

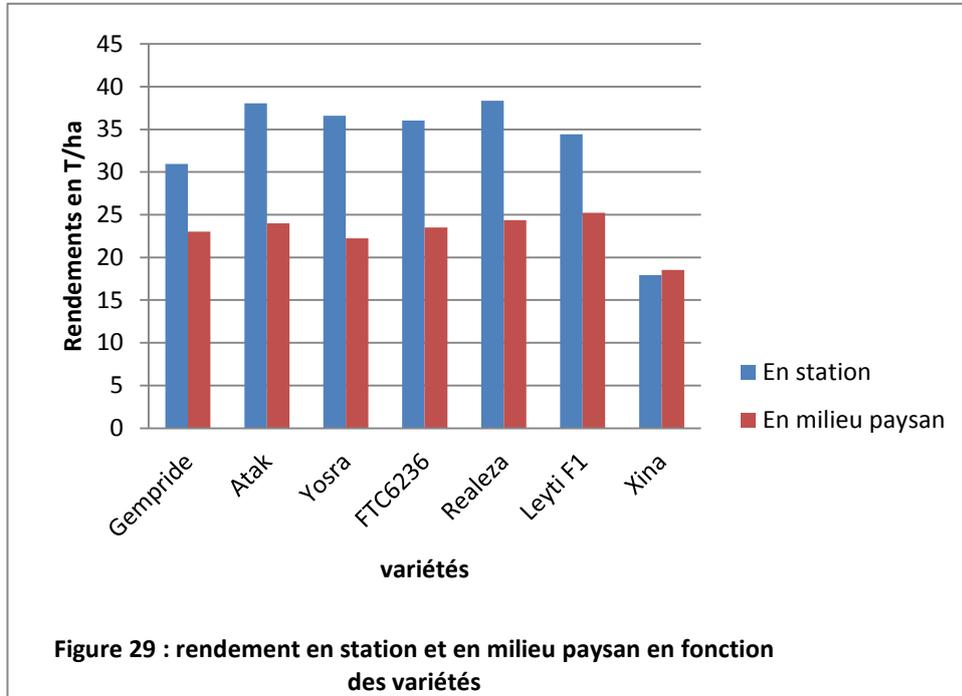


III. 6. 1. 4. Les rendements :

Chez les variétés issues des 41 :

- En station: ils varient entre 38,37T/ha pour Realeza et 17,93T/ha pour Xina, le Témoin. Les autres valeurs sont 38,04 pour Atak, 36,59 pour Yosra, 36,05 pour FTC 6236, 34,41 pour Leyti F1 et 30,93 pour Gempride.
- En milieu paysan: ils varient entre 25,21T/ha pour Leyti F1 et 18,524T/ha pour Xina. Les autres valeurs sont 24,49, 24,37 pour Realeza, 23,48 pour FTC 6236, 23,00 pour Gempride et 22,23 pour Yosra.

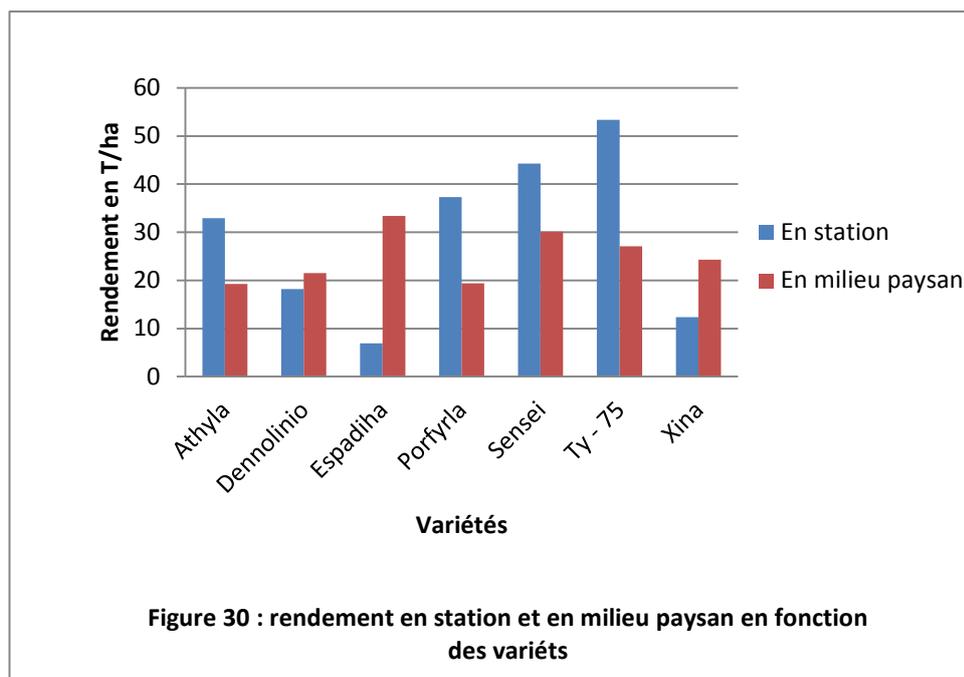
La figure 29 illustre les rendements en station et en milieu paysan chez ces différentes variétés.



Chez les variétés issues des 38 :

- En station ils varient entre 53,37T/ha pour TY-75 et 6,91 pour Espadiha. Les autres valeurs sont 44,26 pour Sensei, 37,33 pour Porfyrla, 32,90 pour Athyla, 18,22 pour Dennolino et 12,37 pour Xina.
- En milieu paysan : ils varient entre 33,42 T/ha pour Espadiha et 19,24 pour Athyla. Les autres valeurs sont 30,15 pour Sensei, 27,12 pour TY-75, 24,32 pour Xina, 21,51 pour Dennolino et 19,39 pour Porfyrla.

La figure 30 illustre les rendements en station et en milieu paysan chez ces différentes variétés.



III. 6. 2. Discussion générale

En ce qui concerne l'incidence du *TYLC*, toutes les variétés issues des deux criblages ont confirmé le caractère résistant observé lors des essais préliminaires, notamment pour ce qui est de l'expression de la maladie, à savoir le jaunissement et l'enroulement en cuillère des feuilles. L'incidence étant nulle, la sévérité aussi l'est forcément.

Pour le témoin Xina, l'incidence est élevée et se situe entre 88,46 % et 82,22 % en station et 74,99 % et 64,50 % en milieu paysan. Ces résultats montrent que l'infection virale est bien présente.

S'agissant de l'alternariose, maladie cryptogamique des feuilles, tiges et fruits, causée par *Alternaria solani* et caractérisée par les taches brunes arrondies sur les feuilles, allongées sur les tiges, et des taches noires en dépression sur les fruits, les valeurs obtenues, aussi bien en station qu'en milieu paysan, sont supérieures à 3 et inférieures à 4.

De manière générale les différentes variétés se tiennent de très près et ont toutes présenté les signes de la maladie. Cette expression de la maladie peut être considérée comme une résistance, une tolérance ou même une sensibilité. Ce qui apparaît constant, c'est qu'elle a attaqué toutes les variétés pratiquement au même taux. Ceci semble montrer que l'effet variétal n'est pas ici un facteur discriminant pour l'alternariose.

Pour les rendements, ils sont en général meilleurs en station qu'en milieu paysan, sauf pour Xina, Espadiha et Dennolinio. Pour cette variable nous avons considéré le poids des fruits commercialisables et celui des fruits non commercialisables.

S'agissant des fruits commercialisables, l'analyse de variance montre des différences significatives entre les différentes variétés (Annexe VII).

La variété V6 (TY-75) a enregistré la plus grande valeur et la V7 (Xina) la plus faible.

Concernant les fruits non commercialisables, des différences significatives existent entre les différentes variétés (Annexe VIII).

Ici les valeurs les plus importantes sont obtenues avec la variété V5 (Sensei) et la plus faible avec la variété TY-75.

La variété TY-75 paraît intéressante parce qu'elle présente le meilleur rendement (25,215T/ha) avec un poids meilleur de fruits commercialisables, et le plus faible poids de fruits non commercialisables. Cette variété peut donc aider à interpréter les performances des autres.

Le constat sur les performances de TY-75 confirme les résultats de Lapidot et *al.*, (1997), qui, en travaillant sur les variétés TY 172 et TY 197, ont montré leur résistance au *TYLCV* et leur faible perte de récolte par rapport à d'autres variétés commercialisables sensibles à la maladie.

Ces mêmes auteurs, en comparant ces mêmes variétés à des variétés commerciales résistantes au *TYLCV* (8484, 3761, Fiona et Tyking) et à la variété sensible, cv. 5656, utilisée comme témoin, ont montré que les variétés TY-172 et TY- 197 avaient moins de perte de rendement relatif, contenaient probablement le plus faible niveau d'ADN viraux et avaient le plus haut niveau de résistance. Ces résultats montrent clairement la capacité de divers cultivars de tomate résistants à inhiber les effets du virus.

Russel, (1978), définit la tolérance comme une caractéristique du génotype de l'hôte à montrer très peu de symptômes de la maladie et à subir le moins de pertes de rendements quantitativement et qualitativement, par rapport à un génotype sensible.

Pour Agrios, (2005), la tolérance à une maladie est la capacité des plantes à produire une bonne récolte bien qu'infectées par un agent pathogène.

Trigiano et *al.*, (2008), définissent la tolérance comme étant la capacité d'un cultivar ou d'une variété à subir une perte moindre, lorsque la sévérité de la maladie est la même pour une variété sensible.

Favi et Henryk, (1998), ont montré que la tolérance est contrôlée par un gène majeur dominant et la résistance par deux ou trois gènes récessifs additifs, et que les lignées résistantes ou tolérantes n'ont pas besoin d'être protégées par des insecticides ou des filets.

Les variétés Xina, Espadiha et Senseï ont des poids de fruits non commercialisables supérieurs à leur poids de fruits commercialisables, parfois dans des proportions élevées. Ces variétés comparées au TY-75 ne sont pas intéressantes.

Les variétés Athyla et Porfyrla, avec des poids de fruits commercialisables relativement élevés et des poids de fruits non commercialisables relativement bas, tous plus proches de la référence TY-75, sont donc intéressantes.

Pour les variétés Gempride, Atack, Yosra, FTC6236, Realeza, Leyti F1 et Xina, il existe également des différences significatives entre elles sur le poids des fruits commercialisables et le poids des fruits non commercialisables.

Ainsi la variété Realeza présente le plus grand poids de fruits commercialisables et la variété FTC 6236 le plus faible poids. Pour les fruits non commercialisables, Xina possède le poids le plus élevé et Realeza le poids le plus faible.

Pour les mêmes raisons que précédemment la variété Realeza peut servir de référence pour classer les autres.

Les variétés Xina et FTC 6236 ont des poids de fruits non commercialisables bien supérieurs à leur poids de fruits commercialisables. De ce fait, elles ne sont pas performantes, comparées à Realeza.

Par contre, les variétés Yosra et Leyti F1 sont intéressantes, comparées à la référence. Les autres variétés Gempride et Atack ont des performances mitigées.

Conclusion :

En ce qui concerne l'incidence du *TYLC*, toutes les variétés issues des deux criblages ont confirmé le caractère résistant observé lors des essais préliminaires, notamment pour ce qui est de l'expression de la maladie, à savoir le jaunissement et l'enroulement en cuillère des feuilles. L'incidence étant nulle, la sévérité aussi l'est forcément.

L'effet variétal n'est pas un facteur discriminant pour l'alternariose qui est partout présente.

Les rendements sont en général meilleurs en station qu'en milieu paysan.

Les variétés TY-75, Athyla, Porfyrla, Realeza, Yosra et Leyti F1 paraissent plus performantes que les autres.

Dans notre démarche, nous avons commencé par une étude macroscopique de la maladie (à partir de ses symptômes, de ses conséquences sur la production et vis-à-vis de certaines substances naturelles), pour terminer sur son étude microscopique (par une caractérisation moléculaire du virus et une identification morphologique du vecteur).

Les sous-chapitres III.7 et III.8 qui suivent concernent la partie microscopique de notre étude et s'intéressent à la caractérisation moléculaire de la souche infectante et à la caractérisation morphologique du vecteur respectivement.

III.7: CARACTERISATION MOLECULAIRE DE L'ESPECE VIRALE INFECTANT LES VARIETES DE TOMATE CRIBLEES POUR LEUR RESISTANCE AU TYLCV.

III.7.1. Résultats

L'amplification PCR à partir des extraits de feuilles de tomate récoltées au Sénégal a permis d'obtenir un produit d'amplification majeur de 580 pb (Figure 31).

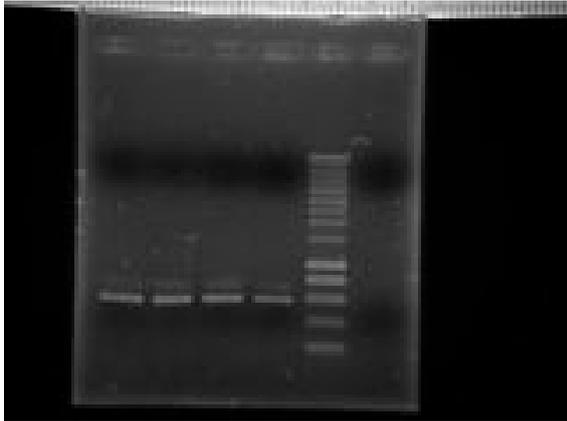


Fig. 31 : Analyse des produits d'amplification PCR sur un gel d'agarose de 1,5% préparé dans du tampon TAE. La taille est déterminée à l'aide d'une échelle de taille d'ADN linéaire déposé dans le puits 5 de bas en haut, 200pb, 400pb, 600pb, 800pb, 1000pb, 1500pb...

D'après les électrophorégrammes analysés avec le logiciel Chromas, les deux séquences obtenues avec TY-1 et TY-2 sont de très bonne qualité. C'est ce qui explique que nous avons eu 100% d'identité nucléotidiques entre les 2 brins séquencés. Le fragment séquencé comporte 562 pb (Figure 32).

1 GCATGAGTAC ATGCCATATA CAATAACAAC GCATTCTCAG TATGATTCTC
ATACTTAGCC

61 TCTTCCTGAT GGTTATACAC TACATGACTA TTAAGCCTAT AAAATCTTTT
AACTAATGCC

121 TGTTCTTCA CTCCAGAGGG TCCACCCGTA ACGGTAGCAT GAAACTTTCT
AAGTACTTGA

181 TATCTATCAC GGAGATCATT CTTCACAGTG GCGGTACTGG GCTCATTGTC
AAACATATTG

241 AAAACCTGTC CAAAATCCAT TGGGCTTTTT CCATAGGGCC TTCTATCACG
GACCAAATAG

301 AACATGACAT TGTTAGTATG ATTCGTCTTC TTAATGTTCT CGTCCATCCA
AATCTTACCC

361 AATATATACA TGGACTTGAT GCAGAATCTC TTCCCGGTTC TATGAGTCAA
ACCAGGACCA

421 CGAGTTATAT CACTAACACA ACGTACAATA CCGGTATGCT TCACATCATC
CCTCTGCTCA

481 TACGACTGGA TCTTACATGG ACCTTCACAT CCACGTGGTA CATCAGGACT
TCTGTACATT

541 TTGTAGAACT TGGGCTTCCG AT

Figure 32 : Séquence d'un fragment de 562 pb dans le gène de la protéine de capsid d'un isolat de begomovirus de tomate de Dakar.

Ce fragment présente un pourcentage d'identité supérieur à 95% avec 4 des séquences disponibles dans la banque. La comparaison avec ces quatre séquences présente un score très élevé et une très forte probabilité (proche de 0) comme indiqué par le logiciel Blastn:

- *Tomato leaf curl Mali virus (TLCMLV)* (reference AY502936 dans *Genbank*): c'est une séquence génomique complète de 2773 bases.

Score = 952 bits (515), Probabilité = 0.0

Identités = 543/557 (97%), Région non alignée = 0/557 (0%);

- *Tomato geminivirus Senegal*, isolat 2 du champ: gène de la protéine de capsid ([AF058029](#)): la longueur du fragment disponible est de 536 pb

Score = 924 bits (500), Probabilité = 0.0

Identités = 524/536 (97%), Région non alignée = 0/536 (0%)

- *Tomato geminivirus Senegal*, isolat 1 du champ: gène de la protéine de capsid (AF058028): la longueur du fragment disponible est de 536 pb

Score = 918 bits (497), Probabilité = 0.0

Identités = 523/536 (97%), Région non alignée = 0/536 (0%)

- *Tomato leaf curl virus*. Gène de la protéine de capsid et de la protéine «precoat» (D88800): la longueur du fragment disponible est de 1359

Score = 904 bits (489), Probabilité = 0.0

Identités = 534/557 (95%), Région non alignée = 0/557 (0%)

Les pourcentages significatifs d'identité obtenus avec d'autres séquences de la banque sont tous inférieurs ou égaux à 83%. C'est notamment le cas du *Tomato leaf curl Arusha virus* isolé en Tanzanie qui présente un pourcentage d'identité de 83% dans la région comparée du gène de la protéine de capsid.

Un alignement des séquences obtenues pour les différents begomovirus isolés au Sénégal montre que l'isolat de Dakar présente un pourcentage d'identité supérieur à 97% avec des isolats précédemment identifiés au Sénégal (AF058028, AF058029, Brown et *al.*, 2001) et avec le *ToLCMLV* (Tableau 15). L'arbre construit avec la matrice de distance du tableau 1, montre que les begomovirus isolés précédemment au Sénégal et le *ToLCMLV* forment un groupe distinct auquel l'isolat de Dakar semble ne pas appartenir (Figure 33).

Tableau15: Matrice présentant les pourcentages d'identité entre différents begomovirus isolés au Sénégal, dans une région de 536 nucléotides du gène de la protéine de capsid. L'isolat analysé ici est désigné « Begomovirus Dakar »

Homology matrix of 6 sequences

ToLC Arusha virus	100%				
ToLV Mali virus	82.5%	100%			
Sénégal D88800	82.1%	96.8%	100%		
Bégomo Dakar	83.2%	97.4%	96.1%	100%	
Sénégal champ2	83.4%	98.5%	98.3%	97.8%	100%
Sénégal champ1	83.2%	98.3%	98.1%	97.6%	99.8%

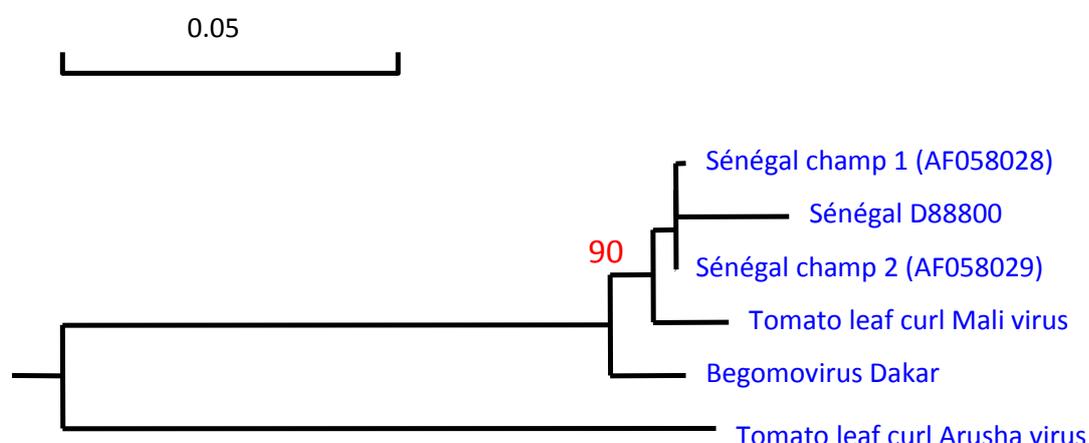


Figure 33 : Arbre de type Neighbour Joining montrant les distances génétiques (Jukes et Cantor) détecté entre différents begomovirus isolés au Sénégal, dans une région de 536 nucléotides du gène de la protéine de capsid. L'isolat analysé ici est désigné « Begomovirus Dakar ». 90% ont été obtenus par une technique de rééchantillonnage effectuée 1000 fois. Ce groupe formé de 4 séquences a été obtenu 900 fois. Aussi, dans 90% des cas, le Begomovirus de Dakar est distinct de ce groupe.

III.7.2. Discussion et conclusion

Une séquence de la taille attendue a été obtenue par amplification PCR à l'aide d'amorces complémentaires du gène de la protéine de capsid de Begomovirus. La séquence de ce fragment PCR présente un pourcentage d'identité de 97% avec un Begomovirus de la tomate isolé au Mali, le *Tomato leaf curl Mali virus* (TLCMLV, AY502936) et avec deux isolats de Begomovirus isolé précédemment au Sénégal (AF058028, AF058029). D'après l'arbre des distances de la figure 33, l'isolat de Dakar semble appartenir à une souche distincte. Des séquences génomiques entières seront nécessaires pour confirmer cette distinction.

Des études effectuées sur des échantillons de feuilles de tomate prélevées au Sénégal (Anonyme, 2006), ont montré que le virus prédominant détecté est le *Tomato Leaf Curl Mali Virus* (TLCMV). Le *Tomato Yellow Leaf Curl Mali Virus* (TYLCMV) a été aussi détecté, mais non le *Pepper Yellow Vein Mali Virus* (PYVMV). Ces mêmes études ont révélé qu'un certain nombre d'échantillons étaient positifs avec les amorces générales, mais négatifs avec les amorces spécifiques, ce qui suggère la participation d'autres virus dans la maladie du TYLC. De plus, les Begomovirus infectant la tomate n'ont pas été détectés dans les échantillons d'autres cultures ou herbes testées, ceci fait penser que ces virus ont une gamme étroite d'hôtes.

L'évolution constante des Begomovirus est bien connue. Ceci constitue un problème majeur à des variétés de cultures comme la tomate, notamment en zones tropicales et sous tropicales (Varma et Malathi, 2003 ; Saunders et al., 2003 ; Bull et al., 2004; Stanley, 2004).

Selon Fauquet et al., 2003, les cultures de Solanacées (tomate et poivron) et de Cucurbitacées sont infectées par au moins 39 espèces de Begomovirus dont 22 déjà confirmées et 17 probables.

La recombinaison est un phénomène fréquent chez les Begomovirus. C'est la raison pour laquelle une identification définitive d'un isolat viral ne peut être faite que sur la base de la séquence totale du génome viral. De ce fait, il est pour le moment prématuré de conclure sur l'identité définitive du Begomovirus de Dakar, mais aussi des isolats du Sénégal analysés antérieurement.

Après la caractérisation moléculaire de la souche infectante, la suite de notre étude s'intéresse à l'identification morphologique du vecteur du TYLCV

III.8: CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE DU VECTEUR

III.8.1. Résultats

III.8.1.1. Identification à partir des adultes

Après observation sous microscope, les adultes ont à peine 1 mm de long. Le corps et les paires d'ailes sont couverts de sécrétions poudreuses et grasses de couleur blanchâtre à légèrement orange.

III.8.1. 2. Identification à partir des puparia

L'observation au microscope des *puparia*, montre une forme plate à irrégulièrement ovale, de dimension estimée à moins de 1mm de long. Ils présentent aussi 2 à 3 soies dorsales clairement visibles (les autres peuvent être cassées ou invisibles dans la fig.36 ou confondues aux soies sur la feuille de tomate). En effet la photo des *puparia* (fig.36) montre un orifice vasiforme ayant une longueur inférieure ou égale à celle du sillon caudal avec des soies caudales et 3 longues soies dorsales très clairement observées. La plupart des *puparia* sont transparents mais un individu est apparu légèrement orange.

Il est alors certain que l'aleurode est du genre *Bemisia* mais la population pourrait être un mélange de *B. tabaci* et *B. afer* ou des souches très proches (tableau 16, figures 34, 35 et 36).

Tableau16: Résultats d'observation d'aleurodes sur feuilles de tomates atteintes de TYLC

Dates d'observation	Tubes	Nombre de folioles observées	Organismes détectés	Stade détecté et nombre
Première date	1	2	<i>Bemisia sp</i>	10 adultes
	2	3	<i>Bemisia sp</i>	11 adultes
	3	3	<i>Bemisia sp</i>	15 adultes
Deuxième date (1 semaine après)	4	5	<i>Bemisia sp</i>	60 adultes
	5	2	<i>Aleurodicus sp</i>	6 adultes

Les résultats du tableau 16, illustrés par les figures 34 et 35, montrent que *Bemisia spp* et/ou d'autres souches très proches de *Aleurodicus spp* sont rencontrés sur 3les cultures de tomate

avec une prédominance de *Bemisia*. La densité foliolaire des mouches blanches sur tomate est élevée pendant cette période, en particulier aux stades avancés de la croissance et du développement. Seuls des aleurodes ont été détectés mais au stade adulte.

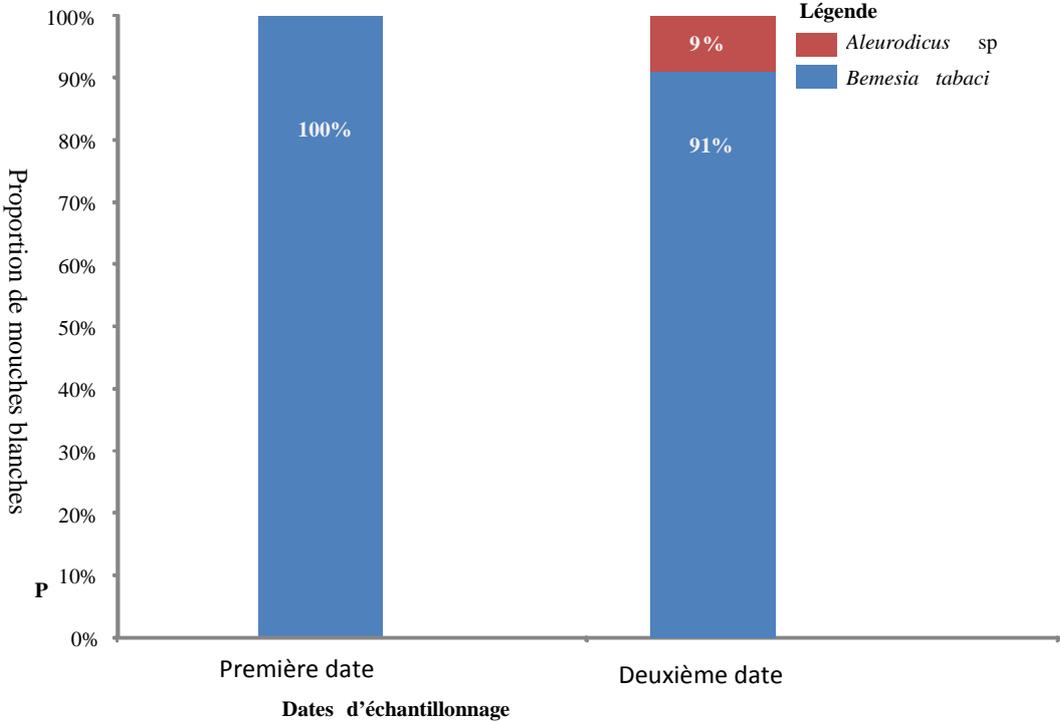


Figure 34. : Répartition des espèces de mouches blanches en fonction des dates d'échantillonnage

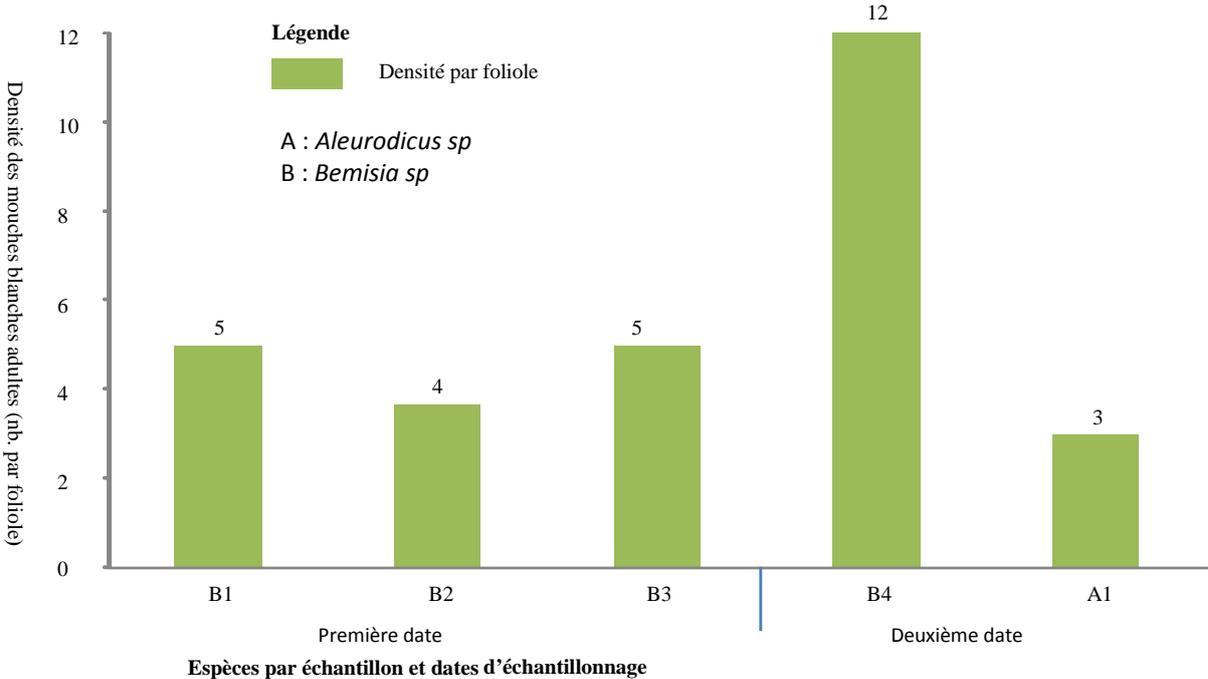


Figure 35 : Densité foliolaire des mouches blanches en fonction de la date d'échantillonnage

Sur la figure 5, les indices B1, B2, B3 et B4 indiquent la densité foliolaire de *Bemisia* respectivement dans les tubes 1, 2, 3 et 4. L'indice A1 indique la densité foliolaire de *Aleurodicus* dans un autre tube.

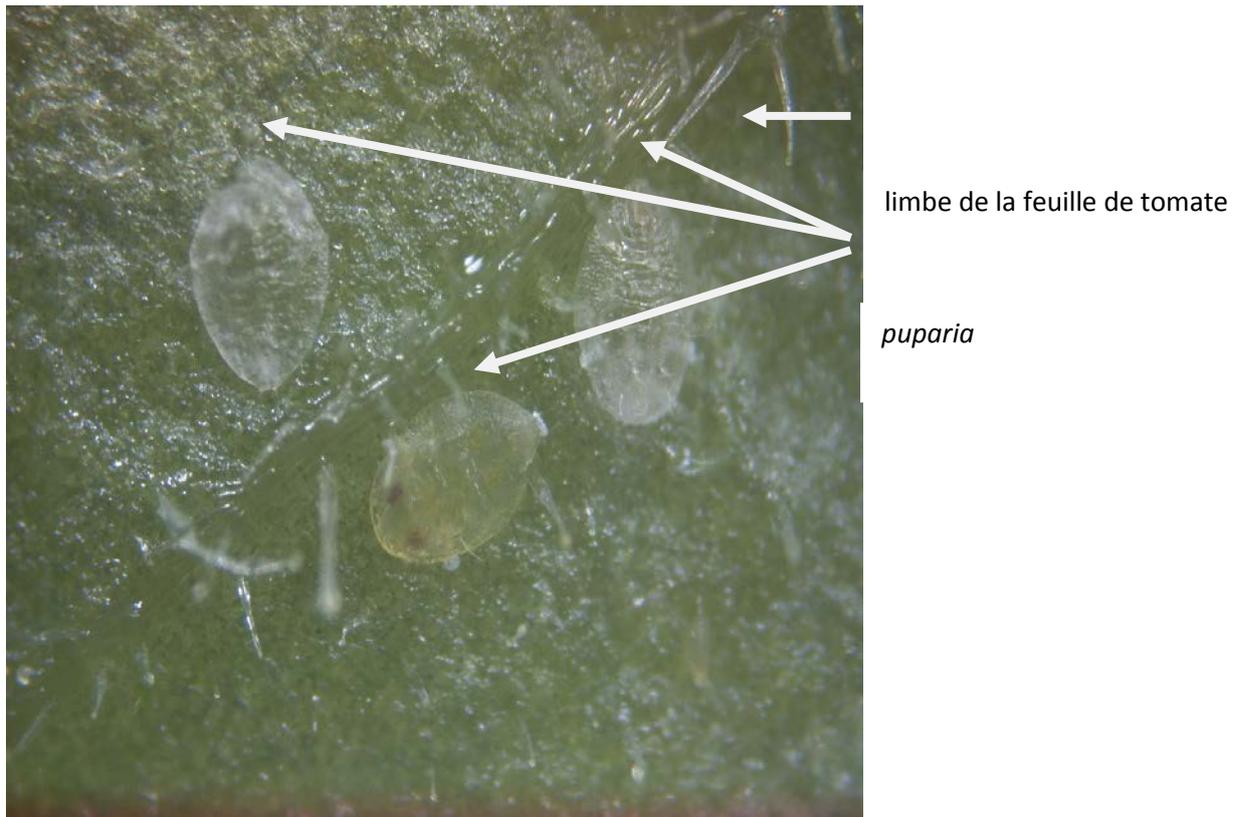


Fig.36: *Puparia* de *Bemisia tabaci* GX300

III.8.2. Discussions et conclusion

L'identification morphologique a fait apparaître l'existence et la prédominance de la souche de *Bemisia spp* pour la plante-hôte tomate dans la zone expérimentale des *Niayes* de la région de Dakar.

La recrudescence de *Bemisia spp*, en rapport avec la virose de la tomate pourrait être corrélée à l'existence de souches de plus en plus virulentes ou agressives. En effet dans certaines localités, les mouches blanches sont passées, en dix ans, de ravageurs secondaires à ravageurs principaux agricoles, avec des conséquences économiques importantes sur les productions de tomates (Brown, 1994). La taxonomie de *B. tabaci* est très controversée (Brown *et al.*, 1994). Le nombre de 1200 espèces de mouches blanches déjà décrites (Bink-Moenen Mound, 1990) se trouve porté aujourd'hui à 1300 (Anonyme, 2001), dont 2 espèces très importantes du point de vue économique: *Trialeurodes vaporariorum* et *B. tabaci* (Nunes, 2006). La première prédomine dans les serres et sur les plantes ornementales et horticoles, dans les pays tempérés et les hautes terres des pays tropicaux. *B. tabaci*, quant à lui prédomine dans les zones tropicales et subtropicales. C'est une espèce difficile à identifier, faute de caractères morphologiques définitifs et à cause des variantes intraspécifiques (Gawel et Bartlett, 1993; Bedford *et al.*, 1994). C'est ainsi que *B. tabaci* est considéré comme une espèce complexe (Bellow *et al.*, 1994) ou un complexe d'espèces (Rosell *et al.*, 1997; Frohlich *et al.*, 1999). *B. tabaci* compte au moins 19 biotypes (Perring, 2001) dont 3 sont les plus répandus, le biotype A originaire d'Amérique, le B d'Europe et le Q dans le Bassin Méditerranéen (Nunes, 2006). En réalité *B. tabaci* est une espèce cosmopolite et complexe car récemment le nombre de ses biotypes est porté à 24 au lieu de 19 (<http://www.arbofruits.nc/telechargement/inse> Mai 2011) L'on sait également que chaque biotype du complexe *B. tabaci* présente des variations liées à sa répartition géographique, ses plantes-hôtes, sa reproduction et son comportement vis-à-vis de ses ennemis et des insecticides (Kirk *et al.*, 2000; McKenzie *et al.*, 2004).

Cette dominante dans les échantillons prélevés et majoritairement identifiés comme *Bemisia spp* serait certainement responsable de la transmission du *TYLCV* au Sénégal.

CONCLUSION GENERALE

Au Sénégal, le maraîchage est essentiellement pratiqué dans la zone écologique des *Niayes* qui s'étend de Dakar à Saint Louis, sur la façade Atlantique. La vallée du fleuve est le domaine de la culture de la tomate industrielle.

La tomate est l'un des légumes les plus consommés dans le monde. Elle occupe la deuxième place derrière la pomme de terre. Au Sénégal, elle vient en seconde position après l'oignon. Les rendements moyens sont de l'ordre de 20T/ha, alors que des rendements de 100T/ha sont obtenus dans plusieurs pays (Laterrot, 1994).

Malgré son importance dans l'économie nationale, cette culture connaît de nombreux facteurs limitants dont une maladie virale, le *Tomato Yellow Leaf Curl (TYLC)*, qui constitue la plus importante et la plus dangereuse (Pico et al, 1996 ; Moriones et Arno, 2000).

La lutte contre cette maladie du *TYLC* est donc une nécessité impérieuse si l'on sait l'impact qu'elle a sur la production de tomates.

Dans cette optique nous avons utilisé des méthodes de protection intégrée, par la recherche de variétés de tomate résistantes ou tolérantes, et de substances bio pesticides qui permettent de contrôler efficacement le vecteur, la mouche blanche (*Bemisia tabaci*).

Nous avons également caractérisé partiellement la souche virale responsable de l'infection.

Toutes les variétés criblées aux essais préliminaires non randomisés se sont comportées différemment vis-à-vis de la maladie: certaines sont sensibles et d'autres sont tolérantes ou résistantes.

Les variétés Atak, Bybal, Chenoa, TY 75, Gempride, Industry DR 1040, Lety F1, Ponchita, Realeza, Thoriya, Yosra et FC 6236, issues de l'essai préliminaire non répété, testées avec randomisation complète .et répétition, ont confirmé les mêmes résultats en ce qui concerne la résistance au *TYLCV*. Les témoins sensibles, Roma VF et Xina, restent fortement attaqués. Ces résultats sont intéressants En effet dans les premières étapes d'un programme de sélection, pour le criblage de plusieurs variétés, il est classique d'utiliser des essais non répétés. Pour ces essais, les analyses classiques de variances ne sont pas indiquées mais d'autres peuvent être performantes: analyses spatiales (Martin et al., 2006) ou les analyses de données longitudinales (Verbyla et al., 1999, Verbeke et Molenberghs, 2000). Nous avons

choisi la dernière méthode pour comparer le comportement des 38 et 41 variétés de tomates face au *TYLC*.

Concernant les composantes du rendement, nous avons noté que la variété Lety, avec 185 fruits, a produit plus de fruits par plante que toutes les autres. Les variétés Roma VF et Gempride suivent de loin avec respectivement 84 et 81,66 fruits.

Le nombre de fruits par grappe ne montre aucune différence significative entre les variétés.

Les variétés Bybal, Roma VF et Lety ont enregistré les meilleurs poids par fruit avec respectivement 117,12g, 115,20g et 112,21g.

En ce qui concerne la longueur moyenne d'un fruit, les variétés Thoriya, Lety et TY75 se sont le plus illustrées avec respectivement 56,81mm, 54,88mm et 52,68mm.

Pour le diamètre moyen d'un fruit, Roma VF avec 61,79mm et Bybal avec 61,72mm, présentent les plus gros calibres.

Il existe en effet une corrélation linéaire très élevée, presque parfaite (0,98) entre le poids moyen et le diamètre moyen d'un fruit. Cette corrélation est faible (0,44) entre le poids moyen et la longueur moyenne d'un fruit.

L'équation du modèle de prédiction sur le rapport entre le poids moyen d'un fruit et le diamètre moyen est la suivante :

$$\text{Poids moyen} = -76,13 + (3,01 \times \text{diamètre moyen})$$

Pour les rendements en fruits consommables, TY75 (38,40T/ha), Ponchita (26,44T/ha) et Attack (24,04T/ha) ont donné les meilleures valeurs. Les variétés Chenoa (9,94T/ha) et Ponchita (6,66T/ha) ont les plus faibles rendements en fruits non consommables.

Les plus fortes productions sont obtenues avec TY 75 (55,85T/ha) et Roma VF (44,87T/ha). Ces rendements dépassent la moyenne qui est estimée à 20 T/ha mais n'atteignent pas encore les rendements de 100 T/ha obtenus dans certains pays.

Nos expérimentations sur le contrôle du *TYLC* par les bio pesticides ont montré pour l'essentiel que les extraits aqueux des graines de «*Neem*» et l'huile sont efficaces.

Pour la caractérisation moléculaire de la souche virale, une séquence de la taille attendue a été obtenue par amplification PCR à l'aide d'amorces complémentaires du gène de la protéine de

capside de Begomovirus. La séquence de ce fragment PCR présente un pourcentage d'identité de 97% avec un Begomovirus de la tomate isolé au Mali, le *Tomato leaf curl Mali virus* (TLCMLV, AY502936) et avec deux isolats de Begomovirus isolés précédemment au Sénégal (AF058028, AF058029). D'après l'arbre des distances, l'isolat de Dakar semble appartenir à une souche distincte. Des séquences génomiques entières seront nécessaires pour confirmer cette distinction.

L'évolution constante des Begomovirus est bien connue. Ceci constitue un problème majeur à des variétés de cultures comme la tomate, notamment en zones tropicales et sous tropicales (Varma et Malathi, 2003 ; Saunders et al 2003; Bull et al 2004; Stanley, 2004).

La recombinaison est un phénomène fréquent chez les Begomovirus. C'est la raison pour laquelle une identification définitive d'un isolat viral ne peut être faite que sur la base de la séquence totale du génome viral. De ce fait, il est pour le moment prématuré de conclure sur l'identité définitive du Begomovirus de Dakar, mais aussi des isolats du Sénégal analysés antérieurement.

Concernant l'alternariose, l'effet variétal n'est pas un facteur discriminant.

Les rendements sont en général meilleurs en station qu'en milieu paysan.

Les variétés TY-75, Athyla, Porfyrla, Realeza, Yosra et Leyti F1 paraissent plus performantes que les autres.

L'identification morphologique du vecteur a fait apparaître l'existence et la prédominance de la souche de *Bemisia spp* pour la plante-hôte tomate dans la zone expérimentale des *Niayes* de la région de Dakar.

Cette dominante dans les échantillons prélevés et majoritairement identifiés comme *Bemisia spp* serait certainement responsable de la transmission du *TYLCV* au Sénégal.

Conscient que cette étude n'est qu'une modeste contribution à l'étude de cette maladie, les résultats obtenus, bien que satisfaisants, restent à parfaire, d'où l'existence d'autres axes ou perspectives de recherche.

Par exemple la reprise de l'essai sur les bio pesticides, avec les mêmes traitements, dans une autre localité où la virose est plus sévère, ou dans le même site, pour une meilleure confirmation des résultats obtenus. D'autres bio pesticides peuvent aussi être testés.

Les travaux de Scott et *al.*, (2003), ont montré qu'avec les radiations solaires, les extraits naturels des plantes perdent leur activité biologique. Il est donc normal d'inscrire dans les perspectives de recherches l'étude des modes d'action, des modalités d'application et l'impact des facteurs physiques tel que le rayonnement solaire, sur la dégradation des produits botaniques testés, surtout en milieu tropical comme le Sénégal.

Il serait également intéressant de déterminer, pour confirmation, des séquences génomiques entières de l'isolat de Dakar qui semble appartenir à une souche distincte.

Les rendements obtenus avec les différentes variétés peuvent être améliorés. En effet, durant tous les essais effectués, des fertilisants n'ont presque pas été utilisés, pour ne pas biaiser les résultats. De ce fait l'étude de l'incidence des fertilisants sur le rendement des variétés reconnues performantes pourrait être une piste de recherche.

La maladie du TYLCV a souvent émergé à proximité des champs de coton, et le vecteur du virus est d'ailleurs une mouche blanche que l'on trouve sur cotonniers (*Bemisia tabaci* Gennadius). Il serait donc judicieux de rechercher la présence du virus dans les cotonniers cultivés en Afrique de l'Ouest pour savoir si cette plante peut héberger des souches du TYLCV). Plus largement, il s'agirait de déterminer si ce virus est spécifique de la tomate ou s'il peut être hébergé par d'autres espèces végétales. En effet, cette connaissance permettrait de mieux définir une stratégie de lutte intégrée contre le TYLC de la tomate.

Le vecteur identifié du TYLCV est donc la mouche blanche (*Bemisia tabaci* Gennadius), toutefois, il n'est pas certain que cette mouche soit le seul vecteur du virus. Une recherche systématique du virus chez les insectes vivant dans l'environnement des cultures de tomate pourrait être réalisée à l'aide d'outils moléculaires. Par ailleurs, une caractérisation de l'entomofaune des cultures saines et attaquées permettrait de cibler les espèces à échantillonner en priorité.

3- Plusieurs variétés de tomates résistantes ou tolérantes ont été identifiées dans ce travail. Pour mieux comprendre les mécanismes mis en jeu dans le comportement de ces variétés vis-à-vis du TYLC, il serait nécessaire d'inoculer ce matériel végétal avec du virus et de faire ensuite des prélèvements pour savoir si le virus ne peut pas se développer (matériel résistant) ou si le virus se multiplie mais n'est pas pathogène (matériel tolérant). Par ailleurs, le matériel identifié devrait être testé avec des virus de plusieurs origines afin de voir s'il s'agit d'une résistance (tolérance) spécifique ou générale. Si plusieurs mécanismes sont en jeu, et s'il existe des résistances spécifiques, il serait nécessaire de construire des résistances durables pour s'assurer d'une bonne protection contre la maladie sur le long terme et prévenir les contournements de résistances.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABAK K., YILMAZ M. A. et KESICI S., 1991: Problème du TYLCV en Turquie et moyens utilisés pour diminuer son effet. Proceeding of Seminar on Resistance of the Tomato to TYLCV, Avignon 1991, pp 28-30.

ACCOTTO, G.P., NAVAS CASTILLO, J., NORIS, E., MORIONES, E. and LOURO D., 2000: Typing of Tomato Yellow Leaf Curl Viruses in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 106 (2): 179-186

AGRIOS GEORGE, N., 2005: *Plant Pathology*. 5ème ed. 2005. Elsevi Academic Press. 952 pages

ALEX D., LATERROT, H., KHEYR, A., MARCHOUX, G., HOSTACHY, B., 1994: Dossier tomate TYLCV, danger, revue technique des pépiniéristes, horticulteurs et maraîchers, n°20.

AL MUSA, A., 1982: Incidence, economic importance and control of tomato yellow leaf curl in Jordan. *Plant Dis.* 66,561-563

ANONYME., 1998: Les problèmes du maraîchage au Sénégal. Direction de la Protection des Végétaux (DPV), 4 pages

ANONYME., 1999a: La sélection pour la résistance au TYLCV, 10 pages.

ANONYME., 1999b: proposition de projet de recherche sur la pathologie virale de la tomate causée par le TYLCV, mars 1999, 13 pages

ANONYME., 2000: Cahier de Production et de Protection Intégrées de

la tomate. Projet FAO-GCP/RAF/244/RFI. 14/04/2000

ANONYME., 2001a: Fiche technique de la tomate industrielle dans la Vallée du Fleuve Sénégal. Comité National de Concertation sur la Filière Tomate Industrielle (CNCFTI). 2ème FIARA du 20 au 27 mars 2001.

ANONYME., 2001b: Crop Protection Compendium, Global Module, 3rd edn. CAB International CD-Rom Database.

ARLA., 2001: Spinosad Success 480SC Naturalyte et Conservemd 480SC Naturalyte. Note réglementaire REG 2001-10. 86pp. Adresse URL : <http://www.hc.sc.gc.ca/pmra-arla/français/pdf/reg2001-10-f.pdf>

ANONYME., 2006: Agricultural Biotechnology Support Project (ABSP) II – Application of Biotechnology to the Tomato Virus Crisis in West Africa. Quarterly Progress Report. April – June 2006. Corneil University (USA)

ANONYME., 2010: Réussir. *Horticulture, le nouvel agrobusiness*. Juillet/Août 2010 n°46, 50p.

ATZMON, G., VANOSS, H., CZOSNEK, H., 1998: PCR – amplification of tomato yellow leaf Curl Virus (TYLCV) DNA from Squashes of plants and whitefly vectors Application to the study of TYLCV acquisition and transmission. *European journal of plant pathology*. [*Eur. J. plant pathol.*], 1998, Vol. 142, n°2, pp 189-194 [6 pages].

BANANEJ, K., KHEYR-OUR, A., HOSSEINI SALEKDEH, G., AHOONMANESH A., 2004: Complete nucleotide sequence of Iranian tomato yellow curl virus isolate : further evidence for natural recombination amongst begomoviruses. *Archives of virology*. [*Archi. Virol.*], 2004, Vol. 149, n° 7, pp 1435- 1443. [9 pages]

BEDFORD, I.D., BRIDDON, R.W., BROWN, J.K., ROSELL, R.C., MARKHAM, P.G. (1994): Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Annals of Applied Biology* 125, 311-325.

BELLOWS, T.S., PERRING, T.M., GILL, R.J. et HEADRICK, D.H., 1994: Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 87: 195-206.

BENIEST, J., 1987: Guide pratique de maraîchage au Sénégal, ISRA-CDH. Collection « Cahiers d'information » 143 pages.

BILY, A., RED, L.M., TAYLOR, J.M., JOHSON, A., MALOUIN, C., BURT, A. S., BAKAR, B., REGNAULT-ROGER, C., PAULS, K.P., ARNASSON, J.T., PHILOGENE, B.J.R., 2003: Dehydromineros of ferulic Acid in Maize grain pericarp and aleurone: resistance factors to *Fusarium graminearum*. *Phytopathology*, 93: (6) 712-719.

BINK-MOENER, R.M MOUND, L.A 1990. Whiteflies: Diversity, biosystematics and evolutionary patterns. In whiteflies: their bionomics, pest status and management. *D. Gerling (ed). Atheneum Press*, New Castle, UK. pp 1 – 12.

BOSCO, D. et GACGLI, P., 1998: Bionomics and ecology of *Bemisia tabaci*. *Journal of entomology*. 1998, Vol. 95, Italie, Europe, pp 519- 527

BOUCHELTA A., BOUGHDAD A. et BLENZAR A. 2005: Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (*Solanaceae*) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (*Homoptera:Aleyrodidae*) *Biotechnol. Agron.Soc. Environ.* Vol 9, n°4 pp 259-269. (URL : <http://popups.ulg.ac.be/>)

BOVEY, R., 1979 : La défense des plantes cultivées. *Traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole* Payot, Lausanne, 2^{ème} éd. 863 p.

BROWN, J.K. and BIRD, J. 1992: Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Disease* 76: 220-225

BROWN, J.K 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Protection Bulletin* 42, (1 – 2): 3 – 32.

BROWN, J.K; FROFLICH, D.R et ROSELL, R.C 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annual Review of Entomology*. 511- 534

BROWN, J.K., A.M. IDRIS, I. TORRES JEREZ, G.K. BANKS, and S.D. WYATT. 2001: Typing of tomato yellow leaf curl viruses in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 106 (2): 179-186.

BULL, S.E., TSAI, W.S., BRIDDON, R.W., MARKHAM, P.G., STANLEY, J. and GREEN, S.K., 2004: Diversity of begomovirus DNA satellites f non-malvaceous plants in East and South East Asia. *Archives of Virology* **149**, (6), 1193-1200

CÀECERES, A., 1991: Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 3. Effects of seed extracts in the treatment of experimental pyoderma, *Fitoterapia*. Vol 62, (5): 449-450.

- CAMARA, M.**, 1997: Contribution à l'étude des stratégies de lutte intégrée contre la maladie des racines roses de l'oignon (*Allium cepa* L.) causée par *Pyrenochata terrestris* (Hansen) Gorenz, Walker et Larson – Thèse de 3^e cycle Université Cheikh Anta DIOP de Dakar 92 p.
- CAUQUIL, J.**, 1993: Maladies et ravageurs du cotonnier en Afrique au sud du Sahara, 2^{ème} édition. Montpellier : CIRAD-CA, 1993 ; 92 pages
- CISS, I.**, 2004: Epidémiologie comparée du TYLCV chez les variétés sensibles et tolérantes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Mémoire de fin d'études pour le Diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles, ENCR de Bambey, Sénégal. 43 pages+annexes.
- COHEN, S., and NITZANY F.E.**, 1966: Transmission and host range of the Tomato Yellow Leaf Curl Virus. *Phytopathology* 56: 1127-1131
- COHEN, S., MELAMED-MADJAR V. and HAMEIRI, J.**, 1974: Prevention of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* Gennadius. in Israel. *Bulletin of Entomological Research* 64, 193-197
- COLY E. M., DELHOVE G.**, 1999: Inventaire et importance des ennemis des principales cultures maraîchères des 10 pays du RADHORT. Bulletin de liaison n° 16, 30 novembre 1999.
- COUDRIER LD., PRABHAKER N., MEYERDIK DE. ,** 1985. *Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae)*: effects of neem seed extract on oviposition and immature stages. *Environ. Entomol.* 14 (6), pp 77-83.
- CREDI R., BETTI, L., CANOVA, A.**, 1989: Association of a geminivirus with a severe disease of tomato in Sicily. *Phytopath.medit.* 28, 223-226.
- CZONESK, H., KHEYR-POUR, A., GRONENBORN, B., REMETZ, E., ZEIDAN, M., ALTMAN, A., RABINOWITCH, H. D., VIDAUSKY, S.**, 1993: leaf curl virus (TYLCV) DNA in agroinoculated leaf discs from selected tomato genotypes. *Plant molecular biology. [Plant mol. Biol]*, vol. 22, n° 6, pp. 995-1005 [11 pages.]
- CZOSNEK, H., LATERROT, H.**, 1997: A worldwide survey of Tomato Yellow Leaf Curl Viruses. *Archives of virology* 142, 1391-1406.

DALMON A., CAILLY M., DAVID C., 2000a: Comparison of serological and molecular techniques for detection of Tomato yellow leaf curl begomovirus. Bulletin OEPP. Vol. 30, n° 3-4, pp. 457-462

DALMON A.; PETERSCHMITT M.; CAILY M.; DUFOUR O.; JEAY M.; BAGUET A., 2000b: La maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate. Une grave virose due au TYLCV introduite accidentellement en France. PHYTOMA, la défense des Végétaux, n°527, pp. 10-13

DELATRE R., 1973: Parasites et maladies en culture cotonnière (IRCT), Paris, France. 146 pages.

DELLAGUISTINA W., MARTIBEZ M., BESTAUX F., 1989: *Bemisia tabaci*, le nouvel ennemi des cultures sous serres en Europe. PHYTOMA, n°406: pp 48-52

DE SOUZA AP., VENDRAMIN JD., (2000): Efeito de extratos aquosos de *Meliaceas* sobre *Bemisia tabaci* biotipo B em tomateiro. *Bragantia* 59 (2), pp 173-179

D'HONDT, M.D. et RUSSO, M., 1985: *Tomato Yellow Leaf Curl* in Senegal. *Phytopathologische Zeitschrift* 112 (2): 153-160

DIATTA R., 1999 : Dynamique des populations et efficacités d'aleurocides sur la mouche blanche du cotonnier *Bemisia tabaci*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. ENCR de Bambey. Sénégal.

ESPINEL C., CARLOS, TORRES T., LISSETTE , COTE P., and ALBA MARIA, 2009: Effect of entomopathogenic fungi over development stages of *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae) *Rev. Colomb.Entomol.* Jan/June 2009, Vol. 35, n°1 pp 18-21. ISSN 0120-0488.

FABRICE, D., 2003: Evaluation de cinq (5) génotypes de tomate (*Lycopersicon esculentum*) adaptés à la saison chaude et humide. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. ENCR de Bambey. Sénégal.

FALL, S.T. et FALL, A.S. 2001: Cités horticoles en sursis ? L'agriculture urbaine dans la zone des Niayes au Sénégal. CRDI. 138 p.

FARGETTE, D., LESLIE, M., HARRISON, B. D., 1996: Serological studies on the accumulation and localization of three tomato leaf curl geminiviruses in resistant and susceptible *Lycopersicon* species and tomato cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 128 (2): 317-328.

FAUQUET, C.M., BISARO, D.M., BRIDDON, R.W., BROWN, J.K., HARRISON, B.D., RYBICKI, E.P., STENGER, D.C and STANLEY, J., 2003: Revision of taxonomic criteria for species demarcation in the family *Geminiviridae* and an updated list of begomovirus species. *Arch vir*, **148**, 405-421

FAVI, V. and HENRYK, C., 1998: Tomato Breeding Lines Resistant and Tolerant to Tomato Yellow Leaf Curl Virus Issued for *Lycopersicon hirsutum*. *The American Phytopathological Society* Vol. 88, N° 9, pp 910-914

FROHLICH, D.R., TORRES-JEREZ, I., BEDFORD, I.D., MARKHAM, P.G., BROWN, J.K., 1999: A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology*, 8(10): 1683-1691

GALLAIS, A., BANNEOT, H., 1992: Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Institut National de Recherche Agronomiques (INRA), Paris, France, 768 pages.

GATITELLI, D., 1991: *Accordimento fogliare giallo del pomodoro in Sardegna*. *Informatore fitopatologico* 7-8, 42-46

GAWEL, N.G and A.C BARTLETT. 1993. Characterization of differences between whiteflies using RAP-PCR: *Insect Molecular Biology.* 2, 33-38

GIVORD, L., FARGETTE, D., KOUNOUGUISSA, B. THOUVENEL, J.C., WALTER, B., VAN REGENMORTEL, M. H. V., 1994: Detection of geminiviruses from tropical countries by a double monoclonal antibody ELISA using antibodies to African cassava Mosaic Virus. *AGRONOMIE : (PARIS) [Agronomie : (Paris).]*, 1994, vol. 14, n° 5, pp. 327-333 [7 pages]

GHANIM, M., MORIN, S., ZEIDAN, M., CZOSNECK, H., 1998: Evidence for transovarial transmission of Tomato Yellow Leaf Virus by its vector the whitefly *Bemisia tabaci*. *Virology* n°240. N° 2 pp 295-303.

- GRAINGE, M.** and **AHMED, S.**, 1988: Handbook of Plants with Pest Control Properties. John Wiley & Sons, New York. 470 p
- GRY L.**, 1994: La tomate en révolution permanente ; Semences et progrès n° 78 ; janvier-février-mars 94; pages 21 à34.
- HALL, F.R.** and **J.J. MENN.** 1999: Biopesticides, Use and Delevery. Humana Press. 626 p.
- HARBONE J.B.**, 1988: Introduction to ecological Biochimistry *Academic press*, London
- HARRISON, B.D., RYBICKI, E.P., STENGER, D.C. and STANLEY, J.**, 2003: Revision of taxonomic criteria for species demarcation in the family Geminiviridae, and an updated list for begomovirus species. *Archives of Virology* **148**, 405-421.
- HELSON, B.**, 2001: Entomologie et produits naturels. In *Nouvelles EXPRESS*. Bulletin n°14. Service canadien des forêts, centre de la forsterie des Grands Lacs. 3p.
- HONG Y. G., ROBINSON D. J., HARRINSON B. D.**, 1993: Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly transmitted geminiviruses in cassava. *Journal of general Virology* 74, 2437 – 2443
- HUAT, J.**, 2006: Facteurs limitatifs du rendement de la tomate industrielle en périmètres irrigués au Nord Sénégal. *Cahiers Agricultures*. Vol 15, n°3, pp 293-300.
- HUGUES DUPRIEZ, NIYONZIMA SILAS, JEAN COLIN**, 2001: Champs et jardins sains- lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs des cultures. *Terres et vie*, 2001, 240p. Imprimerie Guyot, Bruxelles, Belgique
- IOANNOU N. and HADJINICOLIS A.**, 1991: Epidemiology and control of Tomato Yellow Leaf Curl Virus in Cyprus. Resistance of the tomato to TYLCV. Proceeding of the seminar of EEC contract DGXII-TS2-A-055 F (CD) partners. INRA-Station d'Amélioration des plantes maraîchères, BP 94-84143 MONTFAVET Cedex-France. pp 3-5
- JEAN, C.P.** ,1997: Etude de comportement et d'adaptation de neuf variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condition de plaine (ferme de Damien). Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome.
- JONES, D.R.**, 2003: Plant Viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109: 195-219, 2003 Kluwer Academic Publishers- Printed in Netherlands.

JOUNG, K. et **COTE, J.C.** 2000: Analyse des incidences environnementales de l'insecticide microbien *Bacillus thuriangiensis*. Bulletin technique n° 29. Centre de Recherche et Développement en Horticulture. Montréal. 17p.

KIRK A.A, L.A LACEY, J.K BROWN, M.A CIOMPERLIK, J.A; GOOLSBY, D.C VACEK, L.E. WENDEL and **B. NAPOMPETH** 2000. Variation within the *Bemisia tabaci* species complex (*Hemiptera: Aleyrodidae*) and its natural enemies leading to successful biological control of *Bemisia* biotype B in USA: *Bulletin of Entomological Research*, 90: 317 – 327.

KOLLMAN, W.S. 2003: Environmental fate of Spinosad. 2003. Adresse URL: [http://www.Cdpr.ca.gov/docs/empm/pubs/fatenemo/Spinosad fate. pdf](http://www.Cdpr.ca.gov/docs/empm/pubs/fatenemo/Spinosad%20fate.pdf)

KUISEU, J., 2004: Quelques extraits végétaux employés dans la protection phytosanitaire. Pesticides et Alternatives-N° 22-2^{ème} trimestre. 2004 p.7 PAN-.Africa

LAPIDOT, M., FRIEDMANN, M., LACKMAN, O., YEHEZKEL, A., NAHON, S., COHEN, S., PILOWSKY, M., 1997: Comparison of Resistance Level to Tomato Yellow Leaf Curl Virus Among Commercial Cultivars and Breeding Lines. *Plant Disease* Vol, 81, n° 12, pp 1425-1428

LARSON, R.O., 1989: The commercialization of neem. pp. 155-168. In M. Jacobson. *Focus of Phytochemical Pesticides*. Vol. 1 The neem tree. *CRC Press Boca Raton, Fla.* Pp 155-168

LATERROT H. 1990: An EEC programme to improve the resistance of the tomato to tomato yellow leaf curl virus 11. Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding; 1990/03/06-08; Malaga (ESP). EUCARPIA, European Association for Research on Plant Breeding, Wageningen (NLD). Eucarpia tomato 90. Estacion Experimental La Mayora, Malaga (ESP). pp. 31-36

LATERROT H., 1994: Création de populations sources pour la sélection de variétés de tomates résistantes à la virose de l'enroulement foliaire dans les pays Méditerranéens subtropicaux et tropicaux. INRA-Station d'amélioration des plantes maraîchères, BP 94-84143 MontFavet-France. 25 p. et annexes

LATERROT, H. et **FARGETTE, D.**, 1996: Le virus du Tomato Yellow Leaf Curl en Afrique de l'Ouest (The Tomato Yellow Leaf Curl Virus in West Africa). *Tomato News*, vol 1, pp 31-32

- LOURO D., NORIS E., VERRATI F., ACCOTTO G.**, 1996: – First report of TYLCV in Portugal. *Plant disease*: vol 80, p 1079.
- MARTIN, R. J., MIFSUD, D. et RAPISARDA, C.**, 2000: The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europa and Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research* 90: 407-448. CABI Publishing
- MARTIN, J.H., ECCLESTON, J. A., CHAUHAN, N., CHAN, B. S. P.**, 2006: Some results on the design of field experiments for comparing unreplicated treatments. *J. Agr. Biol. Env. Stat.* 11, 394-410
- MASON., RANCATI, M., BOSCO, D.**, 2000: The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Crop Protection*: vol 19, Issue 7, pp 473-479.
- MARTINEZ-CULEBRAS, P. V., FONT, I., JORDA, C.**, 2001: A rapid PCR method to discriminate between Tomato yellow leaf curl virus isolates. *Annals of applied biology*. [*Ann. Appl. Biol.*], 2001, vol. 139, n°2, pp. 251-257 [7 pages.]
- MBAYE, A.**, 1999: Sécurité alimentaire : Production des légumes à Dakar : importance, contraintes et potentialités. In Olanrewaju. B.S. Contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes. CRDI/CTA. 240 p.
- MCKENZIE, C.L; P.K ANDERSON and N. VILLARREAL.** 2004. An Extensive Survey of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) In Agricultural Ecosystems in Florida. *Florida Entomologist*, 87: 403 – 407.
- MESSIAEN C.M.**, 1975: Le Potager Tropical 2 cultures tropicales, deuxième édition, Paris, France. 393 pages.
- MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F., LAFON R.**, 1991: Les maladies des plantes maraîchères (3^{ème} édition) ; 547 pages.
- MORRIS, J., HARJU, V., CAMBRIDGE, J., BOONHAM, N., HENRY, C.**, 2002: Virus transmission studies and diagnostic detection of four begomovirus isolates in selected crop hosts and in *Bemisia tabaci* biotype B. *Bulletin OEPP: (Print)*. [*Bull. OEPP: (Print)*], 2002, vol. 32, n°1, pp. 41-45 [5 pages.]

- MOMOL, M.**, 1999: – First report of tomato yellow leaf curl virus in tomato in South Georgia. *Plant Disease* 83, 487.
- MORIONES, E., NAVAS-CASTILLO, J., 2000:** Tomato Yellow Leaf Curl Virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research* 71, 123-134
- NARDO EAD., DE COSTA AS., LORENCAO AL., 1997:** *Melia azadarach* extract as an antifeedent to *Bemisia tabaci* (Hemoptera: Aleyrodidae) *Florida Entomol* 80 (1) pp 92-94
- NAS.** 1969: Insect Pest Management and Control. *National Academy of Science. Publ.* 1695. 508 p. Washington, D.C.
- NAVAS – CASTILLO, J., SANCHEZ – CAMPOS, S., DIAZ, J. A., SAEZ – ALONSO, E. et MARIONES, E.**, 1998: – El TYLCV – Is : una nueva especie de geminivirus implicada en las epidemias del rizado amarillo del tomate en Espana. *Phytoma Espana*, vol 96, pp 24 – 30.
- NDIAYE, M.**, 2010: *Analyse des risques sanitaire et phytosanitaire sur la culture du chou.*
Rapport de stage de diplôme universitaire. 50p. Sénégal
- NWOSU, M.O et OKAFOR , J.I.**, 1995: Preliminary studies of the antifungal activities of some medicinal plants against *Basidiobolus* and some other pathological fungi. *Mycoses*. Vol 38, n° 5-6; pp 191-195.
- PERRING, T.M** 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20: 725-737
- PETERSCHMITT, M., GRANIER, M., MEKDOUD, R., DALMON, A., GAMBIN, O., VAYSSIERES, J.F., REYNAUD, B.**, 1999: First report of tomato yellow leaf curl geminivirus in Reunion Island. *Plant Disease* 83 (3), 303
- PHILOGENE, B.J.R.**, 1991. L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : problèmes et perspectives. *In La lutte antiacridienne.* Edition. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris. pp 269-278
- PHILOUZE, J.**, 1985: Diversité des plantes légumières, hier, aujourd'hui et demain, Paris, France. 393 pages.

- PICO, B., DIEZ, M. J., NUEZ, F.**, 1996: Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. The Tomato yellow leaf curl virus- a review. *Scientia Horticulturae* **67** (3-4); pp 151-196
- PILOWSKY, M., COHEN, S.**, 1990: Tolerance to Tomato Yellow Leaf Curl Virus Derived from *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Disease* 74 (3); pp 248-250.
- POLIZZI, G. et ARREDIA, R.**, 1992: – L'accordamento fogliare giallo del pomodoro in Calabria. *Informatore fitopatologico*, 47 – 49
- POLSTON J. E., BOIS D., CERRA C. A. et CONCEPCION S.**, 1994: – First report of tomato yellow leaf curl - like geminivirus from tomato in the western hemispher. *Plant Disease*, 78 (8); p 487.
- POWELL, K.A. and JUSTRUM, A.R.**, 1993: Technical and commercial aspects of biocontrol products. *Pest. Sci.* 37 (4) ; pp 315-321.
- REGNAULT-ROGER, C., PHILOGENE B.J.R., VINCENT C.**, 2000: Biopesticides d'origine végétale. *Lavoissier Tec et Dux*, Paris 6776- 337p
- REYNAUD, P.**, 2000: La Défense des Végétaux, un nouveau virus de la tomate. *PHYTOMA*. N°527
- RIBA, G. and SILVY, C.**, 1993: La lute biologique et les bio pesticides pp. 49-64. *Dans La lutte biologique. Dossier de la cellule environnement* N°5.
- RICK, C.M.** 1978: Shanhua, Taiïwan, Republic of China, pp 213-224
- RICK, C.M.** 1979: The Tomato germplasm resources (roc of the first Int Symp on Tropical Tomato) 23-27; 1978 Shanhua, Taiïwan.
- ROJA MR, HAGEN C, LUCAS WJ, GILBERTSON RL** (2005). Exploiting chinks in plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. *Annu Rev Phytopathol* 43:361-394

ROSELL, R.C, I.D, BEDFIRD, D.R FROLICH, RJ GILL, P.G. MARKHAN and J.K BROWN; 1997. Analyses of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci*: *Annals of Entomological Society of America*. 90: 575- 589.

RUSSEL, G.M. 1978: Plant breeding for Pest AND Disease Resistance. *Butterworths*, London.
485 pp

SALATI, R., NAHKLA, M.K., ROJAS, M.R., GUZMAN, P., JAQUEZ, J., MAXWELL, D. P., GILBERSON, R.L., 2002: Tomato yellow leaf curl virus in the Dominican Republic: Characterization of an infectious clone, virus monitoring in whiteflies, and identification of reservoir hosts. *Phytopathology*. [*Phytopathology*.], 2002, vol. 92, n°5, pp. 487-496 [10 pages]

SARR, S., 2003: Contribution à l'évaluation des comités de surveillance et de lutte contre le *Bemisia tabaci* (mouche blanche) en zone cotonnière. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. ENCR de Bambey. Sénégal. 45 p

SAUNDERS, K., BEDFORD, I.D., YAHARA, T. and STANLEY, J., 2003: The earliest recorded plant virus disease. *Nature* **422**, 831

SAWANGJIT S., CHATCHAWANKANPHANIC O., CHIEMSOMBAT P., ATTATHOM T., DALE J., ATTATHOM S., 2005: Molecular characterization of tomato-infecting begomoviruses in Thailand. *Virus research*. [Virus res.], 2005, vol. 109, n° 1, pp. 1-8 [8 pages.]

SCHMUTTERER, H., 1992: Higher plant as sources of novel pesticides. In D. Otto and B. Weber. Insecticides: Mechanism of Action and Resistance. *Intercept Ltd Andover*, UK; pp 3-14

SCOTT IM., JENSEN H., SCOTT JG., ISMAN MB., ARNASON JT., PHILOGENE BJR., 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: *Piperamides* and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (*Coleoptera: Chrysomelidae*) *Arch. Insect. Physio.* 54, pp 212-225

SECKER A.E., BEDFORD I.D., MARKHAM P.G., WILLIAMS M.E.C., 1998: Squash, a reliable field indicator for the presence of the B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* – Brighton Crop Protection Conference. *Pests & Diseases* – Vol 3, pp 837-842.

STANLEY, J. 2004. Subviral DNAs associated with geminivirus disease complexes. *Veterinary Microbiology* **98**, 121-129

STANLEY, J., BISARO, D.M., BRIDDON, J.K., BROWN, J.K., FAUQUET, B.D., HARRISON, E.P., RYBICKI and STENGER, DC. 2005. *Geminiviridae*. In : Virus Taxonomy, 8th Report of the ICTV, **FAUQUET, C.M., MAYO, M.A., MANILOFF, J., DESSELBERGER, U. and BALL, L.A.** (Eds.). *Elsevier/Academic Press*, London, pp: 301-326

STREBLER G. (1989) : les médiateurs chimiques-*Larvoissier Tec et Doc* Paris, Bulletin 23 : 15-18.

TANDIAN, A., 1994. Essai influence de quelques nématicides sur les nématodes parasites de la tomate au Sénégal. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. ENCR de Bambey. Sénégal

TIDJANI, A.M., J.L. POUSSET et H. GIONO-BARBER. 1982. Plantes médicinales africaines (XII) : étude de l'action anti-inflammatoire d'*Azadirachta indica*. *Med.Afr. Noire* 29 (7) :531

TRIGIANO ROBERT N., WINDHAM MARK T. et WINDHAM ALAN S. 2008 *Plant Pathology: Concepts and Laboratory exercises*. 2008. *CRC Press*- 576 p

VAN LENTEREN, J.C., 2000: A greenhouse without pesticides: fact or fantasy, *Crop Prot.*19 (6): pp 375-384

VARMA, A. and MALATHI, V.G. 2003. Emerging geminivirus problems: A serious threat to crop production. *Annals of Applied Biology* **142 (2)**, pp 145-164

VERBEKE, G., MOLENBERGHS, G., 2000: Linear mixed models for longitudinal data. *Springer Verlag*, New York.

VERBYLA, A. P., CULLIS, B. R., KENWARD, M. G., WELHAM, S. J., 1999: The analysis of designed experiments and longitudinal data by using smoothing splines. *Applied Statistic* 48, pp 269-311.

VIDAVSKY, F., CZOSNEK, H., 1998: Tomato Breeding Lines Resistant and Tolerant to Tomato Yellow Leaf Curl Virus Issued from *Lycopersicon hirsutum*. *Phytopathology* 88 (9), pp 910-914.

WARE, G.W., 1982: Fundamentals of Pesticides. A *Self-Instruction Guide*. 3rd ed. Thomson Publications, Fresno, CA 1982.

WEINZEIRL, R., 1999: Botanical insecticides, soaps and oils. pp. 101-121. In JE Rechcigl and NA Rechcigl. *Biological, Biotechnological Control of Insects Pest* in. Lewis Publi., Boca Raton, Florida.

YASSIN, A. M., 1975: Epidemics and chemical control of leaf curl virus disease of tomato in the Sudan. *Experimental agriculture* 11, 161-165.

ZAKAY, Y., NAVOT, N., ZEIDAN, M., KEDAR, N., RABINOWITCH, H., CZOSNEK, H., ZAMIR, D., 1991: Screening *Lycopersicon* accessions for resistance to tomato yellow leaf curl virus: Presence of viral DNA and symptom development. *Plant Disease* 75, 279-281

Annexes

Annexe I

Origines des 38 variétés utilisées

Code	Variétés	Origines
1.	ATHYLA	DeRuiter Seeds
2.	BWTH C003	Nunhems
3.	BWTH C012	Nunhems
4.	BWTH C017	Nunhems
5.	DRW 7215	DeRuiter Seeds
6.	Favi 9	HebrewUniversity
7.	F1 641	Soli Industry
8.	FI Florida 495	Soli Industry
9.	F1Veuona	Soli Industry
10.	FTC 6231	Harris Moran
11.	FTC 7088	Harris Moran
12.	Gem Pack	Seminis
13.	Gem Pear	Seminis
14.	HA 3060	Hazera
15.	HMX 4810	Harris Mora DeRuiter
16.	Industry DR 10401	Seeds
17.	MT 158	Takii
18.	Mrutunjanya	Seminis
19.	Nadira	Tropicasem
20.	Nirouz TH 99806	Syngenta
21.	NUN5025 T0	Nunhems
22.	Porfyra	DeRuiter Seeds
23.	Sasya 0202 F1	Harris Moran
24.	Sensei	Enza Zaden
25.	Roma VFsc	Tropicasem
26.	Valor F1	DeRuiter Seeds
27.	Yassamen TH 99802	Syngenta
28.	Dennoлио	DeRuiter Seeds
29.	Liareno	Gentropic Seeds
30.	HA 3074	Hazera
31.	HA3019	Hazera
32.	F1 1494	Volcani Center
33.	F1 Savana	Tropicasem
34.	Aegean	Enza Zaden
35.	Setcopa	Enza Zaden
36.	Espadhilha	Enza Zaden
37.	Hamoud mумыes	Enza Zaden
38.	XINA	CDH/Cambérène

Annexe II
Origines des 41 variétés utilisées

Code	Variétés	Origines
V1	CLN 2123 A	AVRDC
V2	CLN 2468 A	AVRDC
V3	CLN 2545 A	AVRDC
V4	CLN 2123 B	AVRDC
V5	CLN 2460 E	AVRDC
V6	CLN 2498 E	AVRDC
V7	PT 4722 A	AVRDC
V8	TLCV 15	AVRDC
V9	NADIRA	Tropicasem
V10	F13019 Galina	Tropicasem
V11	4 108	Cirad Guadeloupe
V12	4 240	Cirad Guadeloupe
V13	4 495	Cirad Guadeloupe
V14	4 498	Cirad Guadeloupe
V15	4 501	Cirad Guadeloupe
V16	FAVI 9	Hebrew University
V17	CHEYENNE E 448	Syngenta
V18	YASSEMEN TH99802	Syngenta
V19	NIROUZ TH 99806	Syngenta
V20	TY 75	Takii
	XINA	CDH/Cambérène
V21	HA 3060	Hazera
V22	FTC 7351	Harris Moran
V23	FTC 7127	Harris Moran
V24	FTC 6236	Harris Moran
V25	FTC 7483	Harris Moran
V26	GEM PRIDE	Seminis
V27	PS 43316	Seminis
V28	INDUSTRY DR 10403	DeRuter Seeds
V29	REALEZA	DeRuter Seeds
V30	THORIYA	DeRuter Seeds
V31	BYBAL	DeRuter Seeds
V32	ATAK	Enza Zaden
V33	PONCHITA	Enza Zaden
V34	CHENOA	Enza Zaden
V35	YOSRA	Enza Zaden
V36	HMX 4810	Harris Moran
V37	FTC 7088	Harris Moran
V38	FTC 6231	Harris Moran
V39	SASYA. 0202	Harris Moran
V40	ROMA VF	Tropicasem

Annexe III

Origines des 12 variétés

N°	Variétés	Provenance
1	Atack	Enza Zaden
2	Bybal	De Rinter Seeds
3	Chenoa	Enza Zaden
4	F1 3019 Galina	Tropicasem
5	Gempride	Seminis
6	Industry DR 1040	De Rinter Seeds
7	Lety F1	Harris Moran
8	Ponchita	Enza Zaden
9	Realeza	De Rinter Seeds
10	Roma VF	Tropicasem
11	Thoriya	De Rinter Seeds
12	TY 75	Takii
13	Xina	CDH/ ISRA Sénégal
14	Yosra	Enza Zaden

Annexe IV

Tableau 6 : Taux d'incidence de la maladie

Code	Génotype	Incidence 1 (%)	Incidence 2 (%)	Incidence 3 (%)
1.	ATHYLA	0	4,00 %	0
2.	BWTH C003	34,61	73,07 %	76,92
3.	BWTH C012	26,92	84,61 %	100
4.	BWTH C017	31,81	90,90 %	95,45
5.	DRW 7215	0	0	0
6.	Favi 9	0	7,69 %	19,23
7.	F1 641	0	13,04 %	65,21
8.	FI Florida 495	0	0	0
9.	F1Veuna	0	16,00 %	33,33
10.	FTC 6231	4,54	36,36 %	45,45
11.	FTC 7088	0	4,00 %	4,00
12.	Gem Pack	4,16	20,83 %	29,16
13.	Gem Pear	0	11,53 %	34,61
14.	HA 3060	0	7,69 %	7,69
15.	HMX 4810	0	11,53 %	19,23
16.	Industry DR 10401	3,84	15,53 %	30,76
17.	MT 158	0	0	0
18.	Mrutunjanya	7,69	50,00 %	53,84
19.	Nadira	0	3,84	3,84
20.	Nirouz TH 99806	0	3,84	0
21.	NUN5025 T0	3,84	3,84	3,845
22.	Porfyra	0	0	0
23.	Sasya 0202 F1	19,23	61,53	88,46
24.	Sensei	0	0	3,84
25.	Roma VFsc	50,00	96,15	96,15
26.	Valor F1	0	19,23	34,61
27.	Yassamen TH 99802	0	0	0
28.	Dennolio	0	0	0
29.	Liareno	0	0	0
30.	HA 3074	0	0	0
31.	HA3019	0	0	0
32.	F1 1494	0	0	0
33.	F1 Savana	0	0	0
34.	Aegean	0	0	0
35.	Setcopa	0	0	0
36.	Espadhilha	0	0	0
37.	Hamoud mумыes	0	0	0
38.	XINA	26,92	65,38	88,46

ANNEXE IV bis

Prédictions et résidus

Observation	Poids	Diamètre moyen d'un fruit (mm)	Poids moyen d'un fruit (g)	Préd(Poids moyen d'un fruit (g))	Résidu	Résidu std.	Ecart-type sur la préd. (Moyenne)	Borne inférieure 95% (Moyenne)	Borne supérieure 95% (Moyenne)	Ecart-type sur la préd. (Observation)	Borne inférieure 95% (Observation)	Borne supérieure 95% (Observation)
Atack	1	58,99	93,11	101,32	-8,21	-1,24	2,35	96,19	106,45	7,02	86,01	116,62
Bybal	1	61,72	117,12	109,53	7,59	1,15	2,71	103,62	115,44	7,15	93,95	125,11
Chenoa.	1	55,61	85,81	91,15	-5,34	-0,81	2,00	86,79	95,51	6,91	76,09	106,21
TY 75	1	45,88	61,50	61,88	-0,38	-0,06	1,96	57,60	66,16	6,90	46,84	76,92
Gempride Industry DR 1040	1	50,02	66,91	74,33	-7,42	-1,12	1,77	70,48	78,19	6,85	59,41	89,26
Lety F1	1	50,35	72,86	75,33	-2,47	-0,37	1,77	71,47	79,18	6,85	60,40	90,25
Ponchita	1	58,48	112,21	99,78	12,43	1,88	2,29	94,79	104,78	7,00	84,52	115,04
Realeza	1	30,21	15,46	14,75	0,71	0,11	4,13	5,75	23,74	7,80	-2,25	31,74
Roma VF	1	56,77	90,53	94,64	-4,11	-0,62	2,11	90,05	99,23	6,94	79,51	109,77
Thoriya	1	61,79	115,20	109,74	5,46	0,83	2,72	103,81	115,67	7,15	94,15	125,33
Yosra	1	38,02	47,18	38,24	8,94	1,35	2,90	31,92	44,55	7,22	22,50	53,98
Yosra	1	42,78	52,75	52,56	0,19	0,03	2,27	47,61	57,50	7,00	37,31	67,80
FTC 6236	1	58,06	93,94	98,52	-4,58	-0,69	2,24	93,63	103,41	6,99	83,29	113,74
Xina	1	38,73	37,55	40,37	-2,82	-0,43	2,80	34,28	46,47	7,18	24,72	56,03

Annexe V

Evolution du nombre de mouches blanches

Traitements	Répétition I	Répétition II	Répétition III	Moyennes
TO	2,66	1,33	0,03	1,34
T1	2,66	0,73	0	1,13
T2	1,33	0,46	0	0,59
T3	2,00	1,16	0	1,05
T4	1,33	1,00	0	0,77
T5	0,66	0,56	0	0,40
T6	1,00	0,60	0	0,53

ANNEXE VI

Nombre de feuilles attaquées par *heliopsis*

Traitements	Répétition I	Répétition II	Répétition III	Moyennes
TO	2,06	1,90	2,90	2,28
T1	1,50	1,80	2,03	1,77
T2	0,70	1,80	2,16	1,55
T3	1,51	2,13	2,76	0,77
T4	2,23	2,33	2,46	2,34
T5	1,16	2,00	2,93	2,03
T6	0,06	0,03	0,80	0,29

ANNEXE VII : Etude de la variance sur les fruits commercialisables

Computation poids fruit commercial

Variétés	REP I	REP II	REP III	Poids moyen (g)	Treatment total (T)	Treatment Mean
V1	3011,3	3437,4	22140,7	9529,80	28589,4	9529,8
V2	10247,4	5092,31	6848,7	7396,13	22188,41	7396,13667
V3	8937,9	3869,5	5193,9	6000,43	18001,3	6000,43333
V4	4565,1	12404,5	12274,3	9747,96	29243,9	9747,96667
V5	10884,7	6684,9	3749	7106,2	21318,6	7106,2
V6	6421,3	16134,3	16062,5	12872,7	38618,1	12872,7
Rep. TOTAL	52033,5	51216,81	68884,6		14175,2	4725,06667
Grand total (G)				172134,91		
Grand Mean						8196,90048

ANOVA MP FRUITS COMM

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean Square	Computed F	Tabular F	
Replication	2	28417969,39	1420894,7		5%	1%
Treatment	6	134263430,3	22377238,39	0,70 ns	3	4,82
Error	12	382474666,3	31872888,86			
Total	20	545156066				

$$CV = 68,87491123$$

Since the n's are unequal (minimum n=1), there is no single LSD value.
But a conservative LSD is: $LSD_{0.05} = 23.3984146559$

Rank Mean Name Mean n Non-significant ranges

1	6	12872.7	6	a
2	4	9747.966667	4	b
3	1	9529.8	1	c
4	2	7396.136667	2	d
5	5	7106.2	5	e
6	3	6000.433333	3	f
7	7	4725.066667	7	g

ANNEXE VIII : Etude de la variance sur les fruits commercialisables

Fruits non consommables

Variétés	REP I	REP II	REP III	Poids moyen (g)	Treatment total (T)	Treatment Mean
V1	7517,4	2712,9	2588,5	4272,93	12818,8	4272,93333
V2	6560,8	8606,6	6736,4	7301,26	21903,8	7301,26667
V3	9419,1	7031,3	5568,3	7339,56	22018,7	7339,56667
V4	3621,8	6067,4	3347,9	4345,70	13037,1	4345,7
V5	11499,8	7212,4	3839,3	7517,16	22551,5	7517,16667
V6	819,9	2725	3225,3	2256,73	6770,2	2256,73333
V7	6025,5	9577,8	3567,29	6390,19	19170,59	6390,19667
Rep. TOTAL	45464,3	43933,4	28872,99			
Grand total (G)					118270,69	
Grand Mean						5631,93762

ANOVA table MP Non comm

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean Square	Computed F	Tabular F	
Replication	2	24020531,99	1420894,7		5%	1%
Treatment	6	74175016,83	22377238,39	2,58 ns	3	4,82
Error	12	57354531,75	4779544,312			
Total	20	545156066				

$$CV = 38,818220153$$

Since the n's are unequal (minimum n=1), there is no single LSD value.
But a conservative LSD is: LSD 0.05 = 23.3984146559

Rank Mean Name Mean n Non-significant ranges

1	5	7517.166667	5	a
2	3	7339.566667	3	b
3	2	7301.266667	2	c
4	7	6390.196667	7	d
5	4	4345.7	4	e
6	1	4272.933333	1	f
7	6	2256.733333	6	g

Articles publiés