

LISTE DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

ANOVA :	Analysis Of Variance (Analyse de la Variance)
CDH :	Centre pour le Développement de l'Horticulture
CILSS :	Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CNGPC :	Commission Nationale de Gestion de Produits Chimiques
CSP :	Comité Sahélien des Pesticides
DPV :	Direction de la Protection des Végétaux
ENSA :	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture
FAO:	Food and Agriculture Organization of United Nations
FST :	Faculté des Sciences et Techniques
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
ISRA :	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
TYLCV:	Tomato Yellow Leaf Curl Virus
UCAD :	Université Cheikh Anta Diop
UT :	Université de Thiès

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tomate à croissance indéterminée (A) et tomate à croissance déterminée (B). Source : https://jardinierparesseux.com/2018	4
Figure 2 : Morphologie et organes de la tomate (A) ; fleur et fruit de la tomate (B).....	6
Figure 3 : Stades de développement de <i>T. absoluta</i> (Abdelhamid, 2011)	12
Figure 4 : Cycle de vie de <i>Liriomyza sp.</i> (CSAN, 2017)	15
Figure 5 : Cycle biologique de <i>H. armigera</i> (Aminou, 2017)	17
Figure 6 : Cycle de vie de <i>B. tabaci</i> biotype B sur tomate (Yang & Chi, 2006).....	18
Figure 7 : Station expérimentale ISRA/CDH de Sangalkam (Camara et al., 2014).	26
Figure 8 : Dispositif expérimental essai tomate (A) et parcelle élémentaire (B)	29
Figure 9 : Efficacité comparée des traitements contre <i>T. absoluta</i>	35
Figure 10 : Efficacité comparée des traitements sur les populations <i>H. armigera</i>	37
Figure 11 : Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des acariens	38
Figure 12 : Taux de pertes des fruits de tomates en fonctions des traitements.	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification systématique de la tomate (Ranc, 2010).....	4
Tableau 2 : Classification des produits pesticides selon les espèces ciblées (selon le CILSS).....	21
Tableau 3 : Quelques familles de pesticides et leurs modes d'action	22
Tableau 4 : Matériel technique utilisé.....	27
Tableau 5 : Calendrier des différents relevés et traitements	31
Tableau 6 : Efficacité comparée des traitements sur les mines de <i>Liriomyza sp.</i>	36
Tableau 7 : Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des aleurodes et des punaises.....	37
Tableau 8 : Rendement économique (t/ha) en fonction des traitements.....	39

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Dégâts acariens sur tomate ; (A) petites légions jaunes ; (B) décoloration du feuillage sur la face supérieure et (C) dessèchement des feuilles (Haougui et al., 2017).	10
Planche 2 : Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur tomate ; (A) mines sur feuilles et (B) galeries fruit. ...	13
Planche 3 : Mines de <i>Liriomyza sp.</i> sur feuilles de tomate.	15
Planche 4 : Dégâts de <i>H. armigera</i> sur fruits de tomate	17
Planche 5 : <i>Nezara viridula</i> sur tomate (Anonyme, 2016).	19
Planche 6 : Plante de tomate variété F1 Mongal (A) et ses fruits (B).	27
Planche 7 : Produits phytosanitaires	28
Planche 8 : Mise en place de la pépinière de tomate.....	30
Planche 9 : Délimitation des parcelles (A) et repiquage des plants de tomate (B).	30
Planche 10 : Préparation de la bouillie (A ; B ; et C) et traitements phytosanitaires (D).	31
Planche 11 : Observations et échantillonnage des dégâts causés par les ravageurs.....	32
Planche 12 : Récolte, triage et pesage des fruits de tomate mis dans des bassines.....	33

SOMMAIRE

Résumé :	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. GENERALITES SUR LA TOMATE.....	3
I.1. Historique et distribution.....	3
I.2. Classification.....	3
I.2.1. Classification taxonomique	3
I.2.2. Classification variétale.....	4
I.3. Bio-écologie de la tomate.....	5
I.3.1. Description botanique.....	5
I.3.2. Cycle biologique.....	6
I.3.3. Ecologie de la tomate	6
I.4. Importance de la tomate	7
I.4.1. Propriétés et vertus nutritionnelle.....	7
I.4.2. Importance socio-économique.....	7
I.4.2.1. Au niveau mondial.....	7
I.4.2.2. Au niveau national (Sénégal).....	8
II. Pathologies et ravageurs de la tomate	8
II.1. Pathologies de la tomate	8
II.1.1. Pathologies bactériennes	8
II.1.2. Pathologies fongiques.....	9
II.1.3. Pathologies virales.....	9
II.1.4. Pathologies non parasitaires	9
II.2. Ravageurs de la tomate	10
II.2.1. Les nématodes phytoparasites	10
II.2.2. Les acariens	10
II.2.3. Les insectes ravageurs de la tomate	11
II.2.3.1. La mineuse de la tomate : <i>Tuta absoluta</i>	11
II.2.3.2. Les mouches mineuses : <i>Liriomyza spp.</i>	13
II.2.3.3. La noctuelle de la tomate : <i>Helicoverpa armigera</i>	16
II.2.3.4. Les aleurodes (mouches blanches)	18
II.2.3.5. Les punaises.....	19

III. GESTION ET MAITRISE DES RAVAGEURS	20
IV. GENERALITES SUR LES PESTICIDES	21
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	25
I. ZONE D’ETUDE ET SES CARACTERISTIQUES.....	25
II. MATERIEL BIOLOGIQUE, TECHNIQUE ET PHYTOSANITAIRE	26
III. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	29
IV. ITINERAIRES TECHNIQUES	30
IV.1. Pépinière de tomate.....	30
IV.2. Préparation du sol et repiquage.....	30
IV.3. Fertilisation et irrigation	31
V. TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES	31
VI. MESURES ET OBSERVATIONS	32
VI.1. Echantillonnage	32
VI.2. Récolte	32
VI.3. Rendements et taux de perte	33
VII. ANALYSES STATISTIQUES.....	33
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	35
I. RESULTATS.....	35
I.1. Effets des traitements sur les populations des ravageurs de la tomate observés.....	35
I.1.1. Efficacité comparée des traitements sur les mines de <i>Tuta absoluta</i>	35
I.1.2. Efficacité comparée des traitements sur les mines de <i>Liriomyza sp.</i>	36
I.1.3. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts foliaires de <i>H. armigera</i>	36
I.1.4. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des aleurodes et des punaises..	37
I.1.5. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts causés par les acariens	38
II. Effet des traitements sur les paramètres agronomiques de la tomate.....	38
II.1. Effet des traitements sur le rendement en fruit commercialisable	38
II.2. Effets des traitements sur la qualité des fruits de tomate récoltés.....	39
III. DISCUSSION	40
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45

Résumé :

Au Sénégal, la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est le légume le plus cultivé derrière l'oignon, cependant la production a tendance à chuter. En effet, de 2014 à 2017, sur la production totale en légumes, celle de la tomate est passée de 22,5% à 18,6% ; soit une régression de 6,9%. Cette dernière s'explique, dans la zone des Niayes, par des maladies et ravageurs qui engendrent d'importantes pertes de production. Pour contribuer à la réduction des dégâts et à l'amélioration de la production de la tomate, deux insecticides (le Clorsban à base du Chlorpyriphos-éthyl 480 g/L et le Confida ou Imidaclopride 200 g/L) ont été testés à la station expérimentale de l'ISRA/CDH de Sangalkam sur les insectes *Tuta absoluta*, *Helicoverpa armigera*, *Liriomyza spp*, *Bemisia tabaci*, des punaises et des acariens ravageurs. Pour déterminer leur l'effet sur le rendement, l'effet insecticide et acaricide de trois doses de chacun de ces produits, a été testée sur ces ravageurs en comparaison avec la Deltaméthrine (T4) et un témoin non traité. Le dispositif expérimental utilisé était en bloc de Fischer avec trois répétitions. Les dégâts foliaires étaient appréciés par des observations hebdomadaires. L'analyse de la variance a révélé que la dose double (T2Cl) du Chlorpyriphos-éthyl s'est montrée efficace contre *T. absoluta*, *H. armigera* (0,02 dégâts/plant), *B. tabaci* (0,01dégâts/plant) et *Liriomyza sp.*, tandis que la dose conseillée (T3Cl) ne l'est que sur *H. armigera* (0,09 dégâts/plant) et *B. tabaci* (0,01dégâts/plant). Quant à l'Imidaclopride, il s'est révélé efficace sur *B. tabaci* et les punaises avec un meilleur effet insecticide de sa dose conseillée (T3Co). Aucun des produits testés ne s'est montré efficace contre les acariens.

Mots clés : tomate, insectes ravageurs, Chlorpyriphos-éthyl, Imidaclopride, Niayes.

Abstract:

In Senegal, tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the most cultivated vegetable behind onions, however production tends to fall. Indeed, from 2014 to 2017, of the total production of vegetables, that of tomatoes rose from 22.5% to 18.6%; ie a regression of 6.9%. The latter is explained, in the Niayes area, by diseases and pests which cause significant losses. To help reduce damage and improve tomato production, two insecticides (Clorsban based on Chlorpyriphos-ethyl 480 g/L and Confida or Imidacloprid 200 g/L) were tested at the ISRA/CDH experimental station in Sangalkam on insects *Tuta absoluta*, *Helicoverpa armigera*, *Liriomyza spp*, *Bemisia tabaci*, bedbugs and pest mites. To determine their effect on yield, the insecticidal and acaricidal effect of three doses of each of these products was tested on these pests in comparison with Deltamethrin (T4) and an untreated control. The experimental set-up used was Fischer's block with three replicates and the leaf damage was assessed by weekly observations. Analysis of variance revealed that insecticide efficacy varied with dose and species. In fact, the double dose (T2Cl) of Chlorpyriphos-ethyl was shown to be effective against *T. absoluta*, *H. armigera* (0.02 damage/plant), *B. tabaci* (0.01 damage/plant) and *Liriomyza sp.*, while the recommended dose (T3Cl) is only against *H. armigera* (0.09 damage/plant) and *B. tabaci* (0.01 damage/plant). As for Imidacloprid, it has been shown to be effective against *B. Tabaci* and bedbugs with a better insecticidal effect of its recommended dose (T3Co). None of the products tested were effective against dust mites.

Keywords: tomato, insect pests, Chlorpyriphos-ethyl, Imidacloprid, Niayes.

INTRODUCTION

Avec l'accroissement rapide de la population mondiale qui engendre plusieurs problèmes d'ordre socio-économiques, la maîtrise de la sécurité alimentaire et la croissance économique deviennent une nécessité (Mondedji *et al.*, 2015; Ashley, 2016).

Au Sénégal, l'agriculture, principale activité du secteur primaire, est considérée comme le levier de l'économie nationale. Elle est le socle du développement du pays, compte tenu d'une part de la population qui en dépend (60-70%) et d'autre part, par sa dimension stratégique en matière de sécurité alimentaire et sa contribution dans la régulation des équilibres macroéconomiques et sociaux (Sène *et al.*, 2012; ANSD, 2013). A cet égard, l'agriculture maraichère notamment celle de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constitue un point d'appui à la lutte contre la pauvreté. La zone des Niayes est l'une des zones les plus favorables à cette culture (Diatte *et al.*, 2018).

La tomate est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Solanacées. Son fruit, riche en micronutriments (vitamines A ; B1 ; C ; sels minéraux), se consomme frais ou transformé. Représentant la principale source de lycopène dans l'alimentation, la consommation suffisante de ses fruits diminuerait l'incidence des accidents vasculaires cérébraux de 11%, des maladies cardiaques de 31% et celle des cancers gastro-intestinaux de 20-30% (Laterrot, 1994; Choudourou *et al.*, 2012). La tomate est un des légumes les plus consommés dans le monde et occupe la deuxième place derrière la pomme de terre (Laterrot, 1994). Elle est ainsi cultivée dans plus de 170 pays et sous divers climats (Sofia *et al.*, 2010). Représentant plus de 17% des échanges du commerce mondial de fruits et de légumes frais, elle constitue un enjeu majeur des échanges commerciaux intra et extra-communautaires (De Melle & Desmas, 2005). En 2016, la production mondiale en tomate a atteint plus de 177 millions de tonnes avec une superficie emblavée de plus de 4,6 millions d'hectares (Anonyme, 2018). La Chine est le premier producteur mondial de tomate avec plus de 25% de la production mondiale alors que l'Afrique n'occupe que les 12% de cette production (Planetoscope, 2019)

Au Sénégal, la culture de tomate est globalement rentable et compétitive ; elle génère des emplois, entre dans la consommation de la population et permet aux producteurs d'obtenir des revenus importants (David-Benz, 2003; Fall *et al.*, 2014). Elle est la deuxième spéculature horticole majoritairement cultivée et consommée derrière l'oignon. Ainsi, les rendements moyens sont de 20 t/ha, alors que des rendements d'environ 100 t/ha ont été obtenus dans d'autres pays (Laterrot, 1994; Camara *et al.*, 2014).

Selon la FAO, de 2014 à 2017, la production globale de tomate au Sénégal est passée de 168 000 à 138 000 tonnes ; soit une diminution de 30 000 tonnes (Anonyme, 2019). Cette diminution s'explique par plusieurs raisons qui sont entre autres les maladies et les ravageurs. Ces derniers provoquent non seulement d'importantes pertes mais parviennent surtout à développer une résistance aux insecticides (Bourdouxhe, 1982; Cissé *et al.*, 2003). Dans la zone des Niayes, la filière tomate est menacée par les acariens et les insectes ravageurs. Parmi ces insectes, la mouche mineuse (*Lyriomyza sp.*), les punaises et les aleurodes ou mouches blanches (*Bemisia tabaci*) induisent d'énormes pertes. Depuis 2012, la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) a été identifiée comme étant responsable de pertes allant jusqu'à l'abandon des parcelles de tomate par les producteurs (Pfeiffer *et al.*, 2013). Quant à la noctuelle (*Helicoverpa armigera*), elle est présente sur la tomate avec une occurrence de 90% et cause des dégâts allant jusqu'à 28% sur fruits (Diatte *et al.*, 2018).

Ces ravageurs constituent une contrainte majeure à lever pour accroître la productivité de la tomate et dans cette logique, plusieurs méthodes de contrôle sont utilisées contre eux. Parmi elles, le contrôle chimique demeure le moyen de lutte le plus efficace à court terme. Cependant, les doses de pesticides appliquées par traitement et la fréquence des traitements sont souvent supérieures à celles conseillées. Ils laissent ainsi des résidus dans les sols, l'eau et la culture qui pourraient nuire à la santé humaine et à la qualité de l'environnement (Ouali-N'Goran *et al.*, 2014; Kolia, 2015). Alors, l'utilisation de produits phytosanitaires moins dangereux et efficaces pour contrôler ces ravageurs devient une nécessité. C'est dans cette perspective que la présente étude a été conduite pour évaluer l'efficacité de pesticides contre les ravageurs de la tomate. Ainsi, l'objectif général de cette étude est d'évaluer les effets de deux insecticides, le Clorsban 480 EC à base du Chlorpyrifos-éthyl 480 g/L et le Confida 200 SL à base de l'Imidaclopride 200 g/L, sur des ravageurs de la culture de tomate, afin qu'ils soient soumis au Comité Sahélien des Pesticides (CSP) pour homologation. Les objectifs spécifiques visés sont au nombre de trois :

- 🌱 Tester à la station expérimentale de l'ISRA/CDH de Sangalkam, l'efficacité de trois doses de chacun des produits sur des insectes et acariens ravageurs de la culture de tomate en comparaison à la Deltaméthrine (Décis) qui est homologuée au CILSS et habituellement utilisée au Sénégal pour contrôler ces ravageurs ;
- 🌱 Evaluer l'effet des traitements sur les insectes et ravageurs observés et
- 🌱 Analyser l'impact de ces traitements sur les rendements obtenus.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. GENERALITES SUR LA TOMATE

I.1. Historique et distribution

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une plante herbacée appartenant à la famille des Solanacées. Elle est originaire de la région Andine du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud (Pérou, Chili, Colombie, Equateur). Elle fut domestiquée d'abord au Mexique avant d'être introduite en Europe en 1544 par les espagnols et, de se répandre en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen Orient (Naika *et al.*, 2005; Bénard, 2009; Dante, 2017).

Elle est désignée par plusieurs noms dont : tomatl, son nom originel (langue mexicaine), le pomodora (Italien), tomate (Espagnol, Français), tomati (Afrique de l'Ouest), faan ke'e (Chinois) (Naika *et al.*, 2005). Du fait de sa parenté avec la mandragore et le datura stramoine, la tomate fut longtemps considérée comme plante ornementale, ses fruit non comestibles mais utiles en médecines. C'est à la fin du XVIII^{ème} siècle qu'elle fut nommée « pêche de loup » et d'être reléguer aux légumes. Aujourd'hui, elle constitue l'une des cultures légumières les plus répandues et les plus importantes économiquement (Dante, 2017).

I.2. Classification

I.2.1. Classification taxonomique

Après son introduction en Europe, la tomate a été classée dans le même genre que la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) : le genre *Solanum*. Ainsi, elle est nommée *Lycopersicon* par Anguilla en 1561. En 1694, Tournefort définit le genre *Lycopersicon* et spécifie la tomate cultivée à celle qui est sauvage (Peralta & Spooner, 2000; Ranc, 2010). Cependant, suite à sa revue taxonomique sur la tomate en 1753, Linné l'intègre dans le genre *Solanum* et la nomme *Solanum lycopersicum*. En 1754, Miller reconduit la classification de Tournefort et détermine le genre *Lycopersicon*. Par conséquent, il y rajoute la tomate qu'il nomme *Lycopersicon esculantum* en 1768 (Peralta *et al.*, 2008; Ranc, 2010).

Aujourd'hui, sa classification dans le genre *Solanum* est très utilisée (tableau 1). En outre, elle est appuyée par des résultats phylogénétiques portant sur des critères morphologiques et génétiques (Spooner *et al.*, 2005). La famille des *Solonaceae* comprend 94 genres et plus de 2900 espèces cosmopolites (Ranc, 2010). Très répandu dans le monde (environ 1700 espèces recensées), le genre *Solanum* comprend des espèces bien connues, notamment la pomme de terre, l'aubergine et le poivron (Ranc, 2010).

Tableau 1 : Classification systématique de la tomate (Ranc, 2010).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionia
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Solanales
Famille	<i>Solanaceae</i>
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

I.2.2. Classification variétale

I.2.2.1. Les variétés à croissance déterminées

Les variétés de tomates à port déterminé sont caractérisées par l'arrêt de la croissance de leur tige (figure 1A). La croissance de cette dernière prend fin par une inflorescence terminale, après production de 2 à 6 bouquets à fleurs. Ces variétés sont souvent utilisées pour les cultures commerciales (Naika *et al.*, 2005; Courchinoux, 2008). Parmi les variétés à croissance déterminée qui sont cultivées au Sénégal, il y a : F1 Mongal, Xina, F1 Ganila, (Fall, 2012).

I.2.2.2. Les variétés à croissance indéterminées

Les variétés à croissance indéterminée ont une tige principale qui pousse et continue de produire des bouquets floraux si les conditions sont favorables. Ayant un feuillage important, elles ont une productivité élevée (figure 1B) (Hamidouche & Boulhout, 2013).

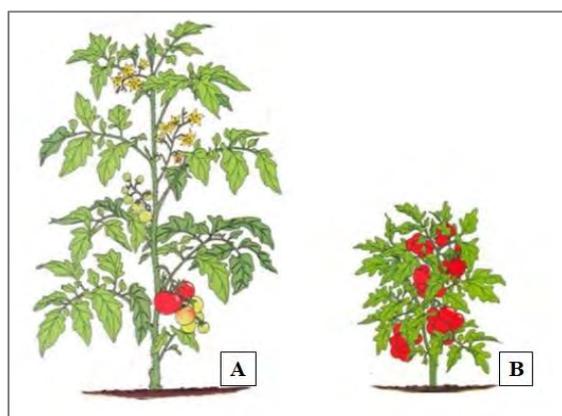


Figure 1: Tomate à croissance indéterminée (A) et tomate à croissance déterminée (B).

Source : <https://jardinierparesseux.com/2018>

I.3. Bio-écologie de la tomate

I.3.1. Description botanique

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une plante herbacée, annuelle en culture, et vivace à l'état naturel dont le port est rampant et la tige ramifiée. Elle est climactérique, diploïde à $2n=24$ chromosomes (Bénard, 2009). Selon les variétés et les modes de culture, la taille d'un plant de tomate varie de 50 cm à 5 mètres (Ranc, 2010; Sofia *et al.*, 2010).

I.3.1.1. L'appareil végétatif

Le système racinaire, pivotant et très puissant, est constitué par une racine principale qui peut atteindre une profondeur de 50 cm à plus de 1,5 mètres (Naika *et al.*, 2005; Sofia *et al.*, 2010). La tige de la tomate, généralement rampante, est recouverte de poils simples et glanduleux. Elle est pleine et a un port de croissance variant entre érigé et prostré. Elle porte des feuilles alternes, composées, imparipennées, qui comprennent 5 à 7 folioles ou plus (figure 2A). Ces dernières, à bords plus ou moins dentelés mesurent entre 15 cm à 50 cm de long et 10 cm à 30 cm de large (Naika *et al.*, 2005; Bénard, 2009).

I.3.1.2. L'appareil reproducteur

L'inflorescence de la tomate est une cyme formée de 6 à 12 fleurs bisexuées et comprises entre 1,5 à 2 cm de diamètre (Naika *et al.*, 2005). Elles sont actinomorphes. Le calice est composé de cinq sépales ou plus, de couleur verte. La corolle, de couleur jaune, comptant autant de pétales que de sépales, est gamopétale.

Cinq étamines ou plus, à déhiscence latérale introrse forme l'androcée. Ce dernier a des anthères allongées formant un cône resserré autour du pistil. Ce pistil est constitué de plusieurs carpelles soudées, formant un ovaire supère qui possède plusieurs ovules en placentation axile (figure 2B) (Abbeyes *et al.*, 1963; Judd *et al.*, 2002). Les fleurs donnent des fruits qui sont des baies présentant deux ou plusieurs loges (figure 2B), de forme variable (sphérique, oblongue, aplatie, allongé), et de couleurs variées (verte, rouge, jaune, orange) selon les variétés. De diamètre variant de 2 cm à 15 cm, un fruit de tomate peut peser quelques grammes à près de deux kilogrammes. Les différentes loges contiennent les graines (Bénard, 2009; Ranc, 2010; Bendiff, 2016). Ces dernières, munies de petits poils, sont de petites dimensions : de 300 à 450 grammes. Elles peuvent résister à la sécheresse et au froid. Ainsi, leur pouvoir germinative est conservé pendant 4 à 10 ans (Lachachi, 2010).

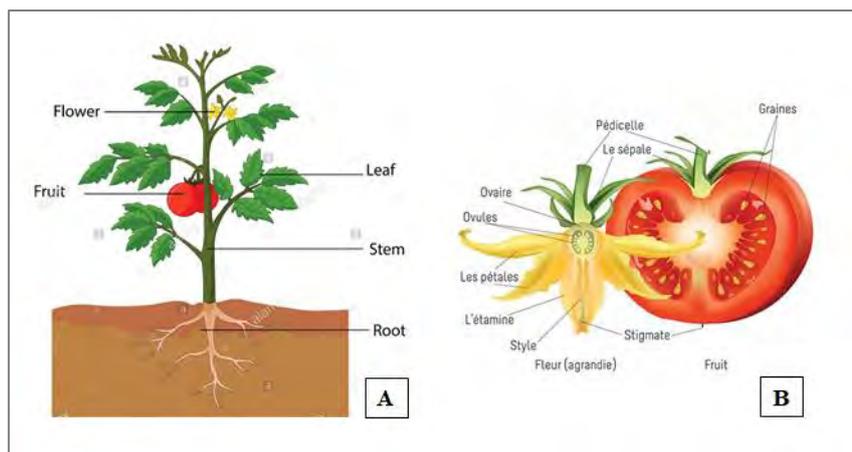


Figure 2: Morphologie et organes de la tomate (A) ; fleur et fruit de la tomate (B).

Source : <https://www.alamyimages.fr/> (A), <http://tomatosphere.parlonssciences.ca/> (B)

I.3.2. Cycle biologique

La durée du cycle de vie complet de la tomate varie en fonction des variétés, de la période et des conditions de culture (Gallais & Bannerot, 1992). Elle varie de quatre à cinq mois pour les semis directs en plein terre et de cinq à six mois pour les plants repiqués. En contre saison, il se prolonge et peut aller jusqu'à sept mois. Il comprend quatre phases : une phase de germination, une phase de croissance, une phase de floraison et une phase de fructification et de maturation (Gallais & Bannerot, 1992; Naika *et al.*, 2005; Diouf, 2016).

I.3.3. Ecologie de la tomate

I.3.3.1. Facteurs édaphiques

La tomate s'adapte à plusieurs types de sols, mais elle préfère des sols limoneux, limono-sableux ou sablo-argileux, profonds, bien drainés et dont le pH varie entre 5,5 à 6,6. Ces sols doivent être riches en humus et en matières organiques. Ces derniers stimulent la production et le développement des fruits (Diouf, 2016).

I.3.3.2. Facteurs climatiques

Pour donner une productivité importante et de qualité, la tomate a besoin d'un climat frais et sec. Toutefois, il existe des variétés qui s'adaptent à une grande diversité de climats (du climat tempéré au climat tropical chaud et humide). Les températures optimales pour leur croissance sont d'environ 15°C pendant la nuit et 25°C pendant la journée. La germination est quasi impossible à moins de 10°C et au-dessus de 35°C (Naika *et al.*, 2005; RADHORT, 2012).

La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. En effet, 1200 heures d'insolation sont nécessaires durant les six mois de culture, et un éclairage de 14 h/jour pour une bonne nouaison, tandis que la photopériode ne doit pas dépasser les 18 h/jour (Kinet *et al.*, 1985; Diouf, 2016; Ikhlef & Mohamed, 2017).

Les besoins en eau de la plante sont estimés environ à 600 mm (Diouf, 2016). Ainsi, un déficit en eau entraîne une chute des bourgeons et des fleurs, l'asphyxie radiculaire affaiblit la croissance de la plante (Chaux & Foury, 1994; Naika *et al.*, 2005; Sofia *et al.*, 2010). L'humidité atmosphérique optimale est environ 75 à 80% lors de la germination, de 60 à 80% durant la croissance à la maturation et développement des fruits (Diouf, 2016).

I.4. Importance de la tomate

I.4.1. Propriétés et vertus nutritionnelle

La tomate renferme quelques éléments nutritifs, notamment 3,6% de sucres, 1% de matières azotées et des traces de lipides. Elle est peu énergétique et, est conseillée aux diabétiques. La tomate est aussi recommandée aux rhumatisants et aux lithiasiques (Dante, 2017).

Elle contient 93% d'eau, bien pourvue en sels minéraux et oligo-éléments, ainsi qu'en vitamines (A, B1, B3, B6, E, K et surtout C), mais aussi en carotène qui a des effets antioxydants. Elle est riche en lysine, qui favorise la formation des anticorps et en arginine qui est impliquée dans l'immunité, la fertilité et la sécrétion des hormones de croissance. La tomatine présente dans ses feuilles a des effets antimycosiques, anti-inflammatoires et insecticides (Dante, 2017).

I.4.2. Importance socio-économique

I.4.2.1. Au niveau mondial

La tomate est cultivée dans plus de 170 pays et sous divers climats. Elle est le premier légume de par le volume de sa production. De 1961 à 2007, sa production est passé de 27,6 à plus de 126 millions tonnes/an avec plus de 4,6 millions de surface cultivée. Selon les données de la FAO, elle a atteint plus de 177 millions de tonnes en 2016 (Anonyme, 2018). La tomate pour l'industrie représente environ 50% de la production dans l'Union Européenne et 15% en Chine. Elle représente plus de 17% des échanges du commerce mondial de fruits et de légumes frais. Sa consommation s'élevait à 16 Kg/personne/an en 2003 (De Melle & Desmas, 2005; Polese, 2007; Sofia *et al.*, 2010).

I.4.2.2. Au niveau national (Sénégal)

Les principales zones favorables à la culture de la tomate au Sénégal sont la zone des Niayes, la vallée du fleuve Sénégal, la Casamance et la vallée du Koupango. Toutefois, elle est plus concentrée dans la vallée du fleuve Sénégal et dans la bande littorale des Niayes où les conditions pédoclimatiques sont plus favorables (Anonyme, 2019). La zone des Niayes est la principale zone de production maraîchère au Sénégal avec environ 60% de la production et 50% des exportations horticoles (Faye, 2018).

La tomate est la deuxième spéculation horticole derrière l'oignon avec environ 20% des surfaces horticoles et des rendements moyens de 20 t/ha (Laterrot, 1994; Camara *et al.*, 2013, 2014). La production de tomates fraîches et celle destinée à la fabrication de double concentré a fortement évolué sur la période allant de 1998 à 2001 en passant respectivement de 19 000 à 30 000 tonnes et de 24 000 à 49 000 tonnes (Fall *et al.*, 2014).

Cependant, la culture de la tomate est confrontée à plusieurs obstacles, notamment des maladies et des ravageurs dont principalement les insectes.

II. PATHOLOGIES ET RAVAGEURS DE LA TOMATE

II.1. Pathologies de la tomate

II.1.1. Pathologies bactériennes

- **La gale bactérienne**, causée par des bactéries du genre *Xanthomonas*, se manifeste sur les feuilles, les tiges et les pétioles par la présence de lésions circulaires entourées d'un halo jaune saturées d'eau, d'abord vertes puis brunes et nécrosées. De petites pustules d'aspect liégeux apparaissent sur les fruits (Hamza, 2010).
- **Le chancre bactérien** causé par *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Davis & Menge, 1980; Laetitia, 2007), se manifeste par un flétrissement unilatéral et une chlorose des organes aériens ainsi qu'un jaunissement et brunissement des tissus vasculaires. Sur les fruits, se forment de petites taches blanchâtres entourées d'un halo jaune clair appelé « œil d'oiseau » (Blancard, 2009; Snoussi, 2010; Hadjer, 2013).
- **Le flétrissement bactérien** causé par *Ralstonia solanacearum*, se caractérise par un flétrissement irréversible de l'appareil végétatif aérien de la plante. Après une coupe transversale de la tige infectée, un exsudat blanc et jaunâtre peut suinter librement du tissu vasculaire coupé, sous forme de filaments si l'on suspend l'extrémité de la tige inférieure dans un verre d'eau (Hamza, 2010; Lebeau, 2012).

II.1.2. Pathologies fongiques

- **Le mildiou**, causé par *Phytophthora infestans* (Céspedes *et al.*, 2013; Hadjer, 2013), se manifeste sur feuilles par des tâches brunes jaunâtres. Sur les tiges, elle apparaît à travers des plages brunes qui les entourent. Et sur les fruits apparaissent des tâches brunes marbrées, irrégulièrement bosselées en surface (Bovey, 1972; Blancard, 1988; Hadjer, 2013; Hamidouche & Boulhout, 2013).
- **La pourriture grise**, provoquée par *Botrytis cinerea*, se manifeste par un pourrissement des tissus infectés (Elad *et al.*, 2007; Williamson *et al.*, 2007; Hamidouche & Boulhout, 2013).
- **La fusariose** provoquée par *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, se traduit par un jaunissement des feuilles et un flétrissement se propageant à partir de la base de la tige (Hadjer, 2013; Ikhlef & Mohamed, 2017), provoquant de grandes pertes, lorsque la température du sol et de l'air est élevée (Hamidouche & Boulhout, 2013).

II.1.3. Pathologies virales

- **Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)** transmise par la mouche blanche, il se traduit par une perturbation de la croissance des plantes. Les feuilles de tailles réduites, présentent un jaunissement et/ou un enroulement en forme de cuillères et les plantes deviennent naines (Naika *et al.*, 2005; Nzi *et al.*, 2010).
- **Tomato Chlorosis Virus (ToCV)** est transmis par des espèces d'aleurodes. Il se caractérise par des marbrures chlorotiques irrégulières, un jaunissement et une nécrose du limbe. Les plantes affectées précocement sont peu vigoureuses. La production en fruits peut être fortement réduite (Messiaen *et al.*, 1991; Blancard, 2009; Hadjer, 2013).
- **Cucumber Mosaic Virus (CMV)** est transmis par des pucerons. Il se manifeste par des marbrures, mosaïque sur les jaunes folioles, déformations des folioles qui prennent l'aspect d'une feuille de fougère ou celui de l'ace de chaussure car très filiformes, altération nécrotiques commençant sur folioles, s'étendant à la tige et à l'apex de la plante (Blancard, 2009; Hadjer, 2013).

II.1.4. Pathologies non parasitaires

Les pathologies non parasitaires sont induites par des carences en éléments nutritifs et par des conditions pédoclimatiques défavorables (Naika *et al.*, 2005). Elles sont nombreuses et peuvent concerner les racines, la tige, le feuillage, aussi bien que les fruits (Messiaen *et al.*, 1991). Les adventices aussi, provoquent des pertes de rendement de la culture de tomate.

II.2. Ravageurs de la tomate

II.2.1. Les nématodes phytoparasites

Les nématodes phytoparasites sont des vers ronds en forme d'aiguille de taille variant de 0,25 à 4 millimètres. Bien que généralement de forme effilée de la tête à la queue, ils existent avec très grande variabilité de formes et de tailles. Chez quelques espèces, les femelles perdent leur forme effilée au fur et à mesure de leur croissance et deviennent des adultes élargies, en forme de poire, de citron, de rein ou sphérique. Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important pour la culture de tomate. Ils provoquent des tumeurs cancéreuses (galles) sur les racines des plantes. Parmi eux, il y a *Meloïdogyne icognata*, *Meloïdogyne javanica* et *Meloïdogyne arenaria*. Les plantes attaquées sont sensibles aux maladies fongiques, bactériennes transmises par sol (Stoll *et al.*, 2000; Naika *et al.*, 2005; DuPont, 2010).

II.2.2. Les acariens

Les acariens phytophages sont des Arachnides microscopiques qui contrairement aux insectes, sont dépourvus d'ailes et leur corps est plus ou moins divisé en deux parties (le céphalothorax et l'abdomen). Certaines espèces d'acariens particulièrement l'acarien rouge de la tomate (*Tetranychus evansi*) *Aculops lycopersici*, *Tetranychus urticae* et *Tetranychus cinnabarinus* provoquent de petites lésions mouchetées, jaunes ou blanches et un dessèchement des feuilles de tomate (planche 1) (Migeon, 2007; Haougui *et al.*, 2017; Carretier, 2019).



Planche 1: Dégâts acariens sur tomate ; (A) petites lésions jaunes ; (B) décoloration du feuillage sur la face supérieure et (C) dessèchement des feuilles.

II.2.3. Les insectes ravageurs de la tomate

II.2.3.1. La mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*

II.2.3.1.1. Classification et répartition géographique de *Tuta absoluta*

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (1917), décrite pour la première fois par l'entomologiste Meyrick, a reçu au début le nom de *Phthorimaea absoluta* (Rojas, 1981). Elle a eu plusieurs appellations (*Gnorimoschema absoluta*, *Scrobipalpuloides absoluta*) avant d'être reclassé dans le genre *Tuta* (Barrientos, 1997). Selon Vargas (1970), elle est classée dans l'ordre des Lépidoptères et dans la famille des *Gelechiidae*. Insecte phytophage, elle est originaire de l'Amérique du sud (De Souza & Reis, 1986; Kaouthar *et al.*, 2011). Observé pour la première fois en Espagne en 2006, d'où elle s'est propagée vers la plupart des pays méditerranéens (Urbaneja *et al.*, 2007; Kaouthar *et al.*, 2011). Au Sénégal, les premières observations ont été notées dans la zone de Rufisque et dans la région de Thiès en août 2012 (Ndiaye, 2013).

II.2.3.1.2. Stades de développement et biologie de *Tuta absoluta*

Le cycle de vie de la mineuse de la tomate présente quatre phases de développement : le stade embryonnaire, le stade larvaire (avec 4 étapes), le stade nymphal et le stade adulte (Figure 3). Ce cycle peut durer 29 à 38 jours en fonction des conditions climatiques (Urbaneja *et al.*, 2007; Guenaoui & Ghellamallah, 2008; Kaouthar *et al.*, 2011).

- **Stade œuf** : les œufs, de forme ovale et de couleur blanche crémeuse, mesurent environ 0,37 mm de long et 0,22 mm de diamètre (Bentancourt & Scatoni, 1995; Safia, 2012). Ils sont déposés sur toutes les parties de la plante mais les pontes sont concentrées plus sur les feuilles (avec 84% des œufs). La fécondité potentielle varie entre 250 à 300 œufs (Desneux *et al.*, 2010). La ponte se fait par œuf isolé mais il arrive que la ponte soit groupée avec un maximum de cinq œufs (Fernandez & Montagne, 1990). Ceci augmente les dommages potentiels du ravageur (López, 1991).
- **Stades larvaires** : il existe quatre stades larvaires (L) de *T. absoluta*. Les larves possèdent une capsule céphalique nettement différenciée ainsi que des paires de patte dès l'éclosion (Silva, 2008). La couleur de la larve est beige au stade L1, puis verdâtre à rose du stade L2 au stade L4 (Safia, 2012). Au stade L4, apparaît une tâche rougeâtre dorsale qui s'étend des ocelles jusqu'à la marge postérieure (Guenaoui & Ghellamallah, 2008). Les stades larvaires se déroulent dans le secret de galeries creuses dans les feuilles ou dans les autres parties de la plante. La durée des stades larvaires est de 12 à 15 jours selon la température (Safia, 2012).

- **Stade nymphal (chrysalide)** : c'est le stade pendant lequel la larve cesse de s'alimenter. Elle est de forme cylindrique de 4,3 mm de large et 1,1 mm de diamètre ; de couleur verte au début, elle vire au brun foncé à l'approche de l'émergence. La nymphose peut avoir lieu au sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. Elle est couverte généralement par un cocon blanc et soyeux (Guenaoui & Ghellamallah, 2008; Silva, 2008; Safia, 2012).
- **Stade adulte** : les adultes, gris et marrons, mesurent environ 6 mm et leur envergure est d'environ 10 millimètres. Les mâles sont un peu plus foncés que les femelles. Les antennes sont longues et filiformes avec des anneaux de couleur gris sombre qui alternent avec des anneaux de couleur crème. L'abdomen des femelles est plus large et plus volumineux que celui des mâles. Les adultes vivent entre 7 à 9 jours à une température de 24 à 26°C et environ 23 jours à une température de 13°C (Vargas, 1970; Safia, 2012).

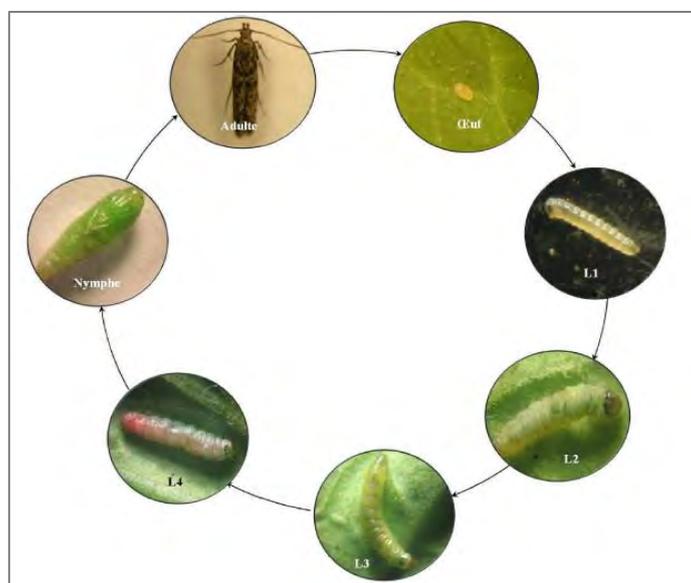


Figure 3: Stades de développement de *T. absoluta* (Abdelhamid, 2011)

II.2.3.1.3. Plantes hôtes : Symptômes et dégâts

Les solanacées notamment la tomate, la pomme de terre et l'aubergine sont les plantes hôtes de prédilection de la mineuse de la tomate (Pereyra & Sánchez, 2006). Les jeunes larves entrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits sur lesquelles elles se nourrissent, se développent et complètent leur croissance (Abdelhamid, 2011). Elles provoquent des symptômes caractérisés par des mines et galeries sur les organes consommés (Planche 2). Sur les feuilles, les larves se nourrissent uniquement du mésophyle laissant l'épiderme intact. Les mines induites sont irrégulières et se nécrosent. Les galeries au niveau des tiges perturbent le développement général des plantes et celles creusées au niveau des fruits peuvent être envahies par des agents pathogènes secondaires provoquant leur pourriture (Abdelhamid, 2011; Safia, 2012).

Les plantes de tomate peuvent être attaquées à tous les stades de développement, depuis les jeunes plantules jusqu'à la maturité. Ainsi, il est facile de trouver *T. absoluta* car il préfère les bourgeons apicaux, les fleurs ou les nouveaux fruits sur lesquels le noir de ses excréments est visibles (Safia, 2012). Les dégâts de *T. absoluta* constituent une menace pour la production de tomates depuis sa détection en 2012 au Sénégal (Pfeiffer *et al.*, 2013). *T. absoluta* est signalée partout dans les Niayes avec des pertes allant jusqu'à pousser à l'abandon des parcelles par les producteurs (Diatte *et al.*, 2016).



Planche 2: Dégâts de *T. absoluta* sur tomate ; (A) mines sur feuilles et (B) galeries sur fruit.

II.2.3.2. Les mouches mineuses : *Liriomyza spp.*

I.2.3.2.1. Classification et distribution

Les mouches mineuses sont des Diptères appartenant à la famille des *Agromyzidées* et au genre *Liriomyza* (Burgess, 1880). Il existe plus de 300 espèces de mouches mineuses dont six espèces (*Liriomyza sativae*, *L. huidobrensis*, *L. trifolii*, *L. brassicae*, *L. Bryoniae* et *L. strigata*) sont reconnues plus dommageables.

Originaires de l'Amérique latine (Colombie et Venezuela en particulier), les mouches mineuses sont présentes aujourd'hui partout dans le monde : en Amérique, Europe, Afrique, Asie et Océanie (Coly, 1984; CSAN, 2017). En décembre 1980, la mouche mineuse (*Liriomyza trifolii*) a été déclarée pour la première fois au Sénégal sur des cultures maraichères (Coly, 1984).

II.2.3.2.2. Description morphologique

Les mouches adultes de plus de 300 espèces de *Liriomyza* se ressemblent beaucoup : elles sont petites et, vue de dessus, apparaissent essentiellement noires avec chez la plupart des espèces, un front et un scutellum jaune vif. Les femelles plus grandes que les mâles, ont une extrémité abdominale avec un ovipositeur noir et des ailes translucides et incolores (Parrella & Keil, 1984 ; Coly, 1984).

Les œufs sont blancs ovales, translucides et mesure environ 0,25 mm à 3 mm de long. Pour les larves, fraîchement écloses, elles mesurent environ 0,5 mm de long pour atteindre 3 à 5 mm en fin de croissance. Etant d'abord translucide puis jaune-orange, elles sont allongées, en forme de boudin. Les pupes sont en forme de cylindres ovales d'environ 2 mm de long, très légèrement aplatis ventralement, avec des stigmates antérieurs et postérieurs saillants (Coly, 1984; Anonyme, 2016).

II.2.3.2.3. Biologie et cycle de développement

Le cycle de vie des *Liriomyza*, relativement court, présente quatre stades de développement (Figure 4). Ce dernier s'arrête en dessous de 10°C. Le maximum d'émergence des adultes s'effectue avant le milieu de la journée (McGregor, 1914; Kane, 2016).

L'accouplement débute 24 heures après l'émergence. Avant l'oviposition, la femelle s'alimente à l'aide de nombreuses piqûres nutritionnelles faites sur la surface foliaire. Elle pond ainsi ses œufs (environ 400 œufs selon la température) dans les tissus foliaires de la plante hôte. Ces œufs éclosent après 72 heures et donnent des larves qui, dès leur naissance, creusent des galeries (mines) en vivant dans des tunnels sous l'épiderme des feuilles. Après 7 jours, les larves de troisième stade creusent des trous dans les feuilles puis les quittent et s'enterrent dans la partie superficielle du sol. Ainsi, elles se métamorphosent en pupes en formes de tonnelet ; cette métamorphose dure 10 à 15 jours. Environ une semaine après la pupaison, l'adulte, très actif le matin, cherche à s'accoupler. Les femelles adultes perforent l'épiderme, aspirent le suc végétal et déposent leurs œufs. Les mâles quant à eux, profitent également des piqûres de nutrition pour se nourrir (James *et al.*, 2010; CSAN, 2017).

Le cycle complet de *Liriomyza* varie entre 20 à 40 jours. Les températures optimales pour son développement varient entre 20°C à 30°C. Une humidité relative très basse a un effet létal sur les populations de ces ravageurs (Kane, 2016; CSAN, 2017).

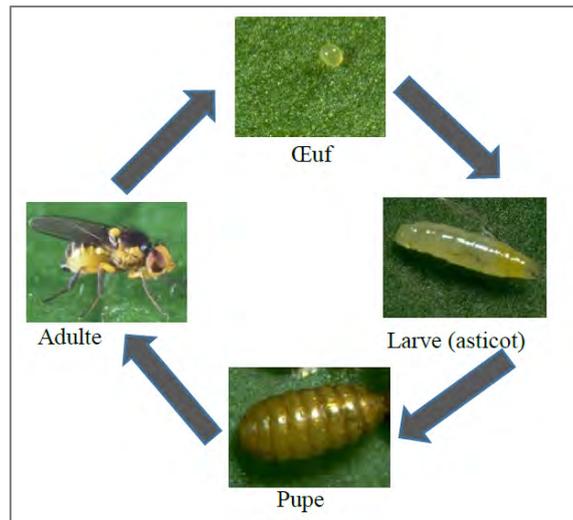


Figure 4: Cycle de vie de *Liriomyza sp.* (CSAN, 2017)

II.2.3.2.4. Plantes hôtes : symptômes et dégâts

Les mouches mineuses s'alimentent sur plusieurs plantes parmi lesquelles le céleri, l'oignon, la pomme de terre et la tomate. Sur cette dernière, les symptômes se manifestent sur les feuilles par des galeries (mines) sinueuses occasionnées par les larves qui perturbent l'activité photosynthétique et causent d'énormes dégâts (Planche 3). Ces derniers entraînent la mort des plantes ou le développement de maladies fongiques et/ou virales. Il faut noter que l'apparence et les dégâts des larves et des chrysalides de *T. absoluta* sont différents de ceux de la mouche mineuse, dont les larves creusent des couloirs en forme de canaux, dans lesquels leur déjection forme un fil qui suit le parcours de la mine (James *et al.*, 2010; CSAN, 2017).



Planche 3: Mines de *Liriomyza sp.* sur feuilles de tomate.

II.2.3.3. La noctuelle de la tomate : *Helicoverpa armigera*

II.2.3.3.1. Classification et aire de répartition

La noctuelle de la tomate ou *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) est un Lépidoptère, de la famille des *Noctuidae* et du genre *Helicoverpa*. Décrite par Hübner en 1808 sous le nom de *Noetua armigera*, elle prendra le nom de *Heliothis armigera*, après la création du genre en 1816. Ainsi, en 1965 l'américain Hardwick révisé la systématique du groupe des "corn earworms" et crée le genre *Helicoverpa*, auquel il rattache l'espèce *armigera*. La noctuelle de la tomate est présent dans plus de 190 pays à travers le monde (Nibouche, 1994; Aminou, 2017).

II.2.3.3.2. Description morphologique

L'œuf de la noctuelle, d'environ 0,6 mm de diamètre, est de couleurs blanc-jaunâtre qui vire au brunâtre avant l'éclosion. La larve, qui passe généralement par 6 stades larvaires, est de couleur variable (verte, jaune, brune, marron-noirâtre) et mesure 3 à 4 cm au dernier stade larvaire. Elle porte sur son corps de minces bandes dorsales foncées longitudinales, flanquées de bandes plus claires et une bande blanchâtre. Des punctuations brunes ou noires sont aussi présentes sur le corps. La larve porte 4 paires de fausses pattes et, est densément couverte de chevelures. L'appareil buccal est caractéristique des coupeur-broyeurs. La nymphe est d'environ 2 cm de long. L'adulte est d'environ 3 cm de long. Il est de couleur variable : le mâle est gris-verdâtre et la femelle est brun-orangé (Nibouche, 1994; Aminou, 2017; Andermatt, 2019).

II.2.3.3.3. Biologie et cycle de développement

La durée du cycle de vie de la noctuelle varie selon le climat, la température et la disponibilité de nourriture. Dans les conditions favorables il dure environ un mois et se déroule en quatre stades de développement (Figure 5). Les œufs sont pondus sur les parties apicales de la plante habituellement au moment de la floraison (Tsafack-Menessong, 2014). Une femelle peut pondre jusqu'à environ 1000 œufs. Le stade œuf dure 2 à 3 jours. Après l'éclosion, la larve s'alimente d'abord sur les jeunes feuilles puis elle entre dans les fruits. Le stade larvaire est nuisible et dure environ 12 à 15 jours. Ainsi, la pupaison a lieu dans le sol et le stade chrysalide dure en moyenne 10 à 15 jours lorsque les conditions sont favorables. Par contre, si ces derniers ne sont pas favorables, la larve entre en diapause durant 2 à 3 mois. Une température de 13°C induit l'entrée en diapause de la chrysalide. L'adulte, nectarivore dure environ 3 semaines et il mène une activité nocturne d'où le nom de « noctuelle de la tomate » (Nibouche, 1994; Tsafack-Menessong, 2014; Aminou, 2017).

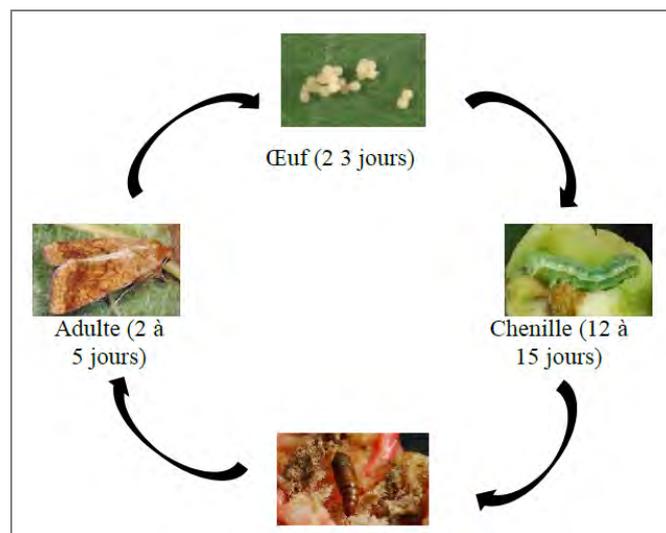


Figure 5: Cycle biologique de *H. armigera* (Aminou, 2017)

II.2.3.3.4. Plantes hôtes : symptômes et dégâts

Helicoverpa armigera est un insecte très polyphage et ses larves peuvent s'alimenter sur plus de 120 espèces de plantes. Au Sénégal, l'insecte a été observé sur la tomate, le poivron, l'aubergine, le *jakhatou*, le chou et le gombo. Il est le ravageur le plus présent sur la tomate, avec une occurrence de 91,8% et des dégâts allant jusqu'à 28% sur les fruits (Tendeng *et al.*, 2017; Diatte *et al.*, 2018). Ainsi, la jeune larve se nourrit des bourgeons, des fleurs et des feuilles en les perforant alors que la larve âgée creuse des galeries dans les fruits. Elle préfère s'alimenter sur les fruits verts. Les dégâts les plus graves sont provoqués par l'attaque des fruits et des fleurs. Les fruits sont rongés et troués avec des galeries et des déjections noires. Une seule larve peut détruire plusieurs fruits au cours de sa vie (Planche 4).

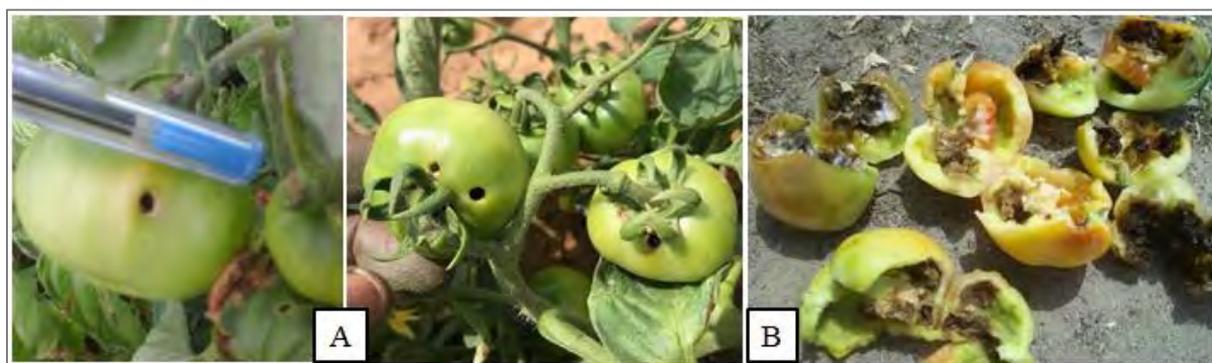


Planche 4: Dégâts de *H. armigera* sur fruits de tomate

II.2.3.4. Les aleurodes (mouches blanches)

Les aleurodes ou mouches blanches sont à l'origine de nombreux dégâts sur les cultures maraichères. Elles appartiennent à l'ordre des Hémiptères et à la famille des *Aleyrodidae*. Ainsi, les quelques 1300 espèces d'aleurodes décrites appartiennent à cette famille (de nouveaux aleurode). Deux espèces sont des ravageurs redoutables des cultures maraichères : *Trialeurode vaporarium* et *Bemisia tabaci* (aleurode du tabac) (Haougui *et al.*, 2019).

II.2.3.4.1. *Bemisia tabaci* : Description et cycle biologique

Décrite pour la première fois en Grèce en 1889, l'origine géographique exacte de *B. tabaci* serait le Nord du Pakistan et le Nord-Ouest de l'Inde. La mouche blanche passe par 3 stades de développement qui sont successivement, le stade œuf, le stade larvaire (4 stades larvaire) et le stade adulte (Figure 6). Ce dernier, petit insecte blanc ailé de 2 à 3 mm de long, possède deux paires tenues en « toit » qui ne sont pas complètement jointives dorsalement. Espèce thermophile, les limites inférieure et supérieure de son développement sont respectivement de 10 à 13°C et de 33 à 38°C. Les œufs pondus sont minuscules, fixés sur la face inférieure des feuilles et recouverts d'une pellicule cireuse. Après éclosion, ces œufs donnent des larves dont seules celles du premier stade sont mobiles, les autres sont fixées sur la face inférieures des feuilles (Bonato *et al.*, 2007).

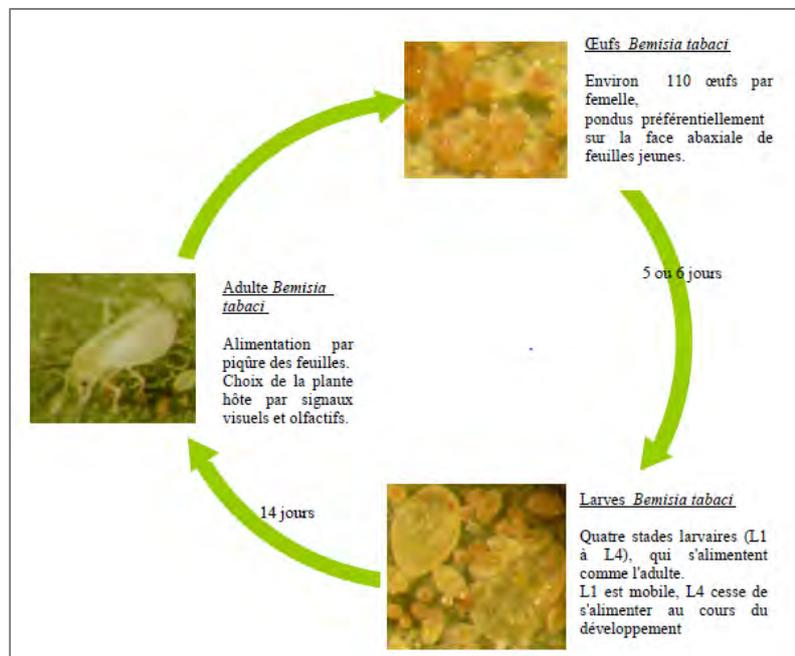


Figure 6: Cycle de vie de *B. tabaci* biotype B sur tomate (Yang & Chi, 2006).

II.2.3.4.2. Plantes hôtes de *B. tabaci* : symptômes et dégâts

L'aleurode *B. tabaci* est considéré comme un bio-agresseur à forte incidence économique à l'échelle mondiale. Plus de 700 espèces de plantes-hôtes recensées appartiennent à cinq familles végétales : *Asteraceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae* et *Solanaceae*. Cet insecte induit des dégâts trophiques directs à cause du miellat qu'il excrète entraînant un ralentissement de la croissance de la plante, ainsi que son affaiblissement et véhicule de nombreux virus sur les cultures dont celui de la virose de la tomate, le TYLCV (Camara *et al.*, 2014).

II.2.3.5. Les punaises

Les punaises phytophages sont polyphages et s'attaquent à diverses plantes cultivées parmi lesquelles la tomate. Ce sont des Hémiptères appartenant aux familles des *Miridae* (*Lygocoris pabulinus* *Lygus spp.*, *Nesidiocoris tenuis*) et des Pentatomidae dont *Nezara viridula*. Cette dernière dite punaise verte est un piqueur-suceur qui attaque tous les organes de la plante pour se nourrir de leur sève. Les adultes entièrement vert ou brun-violacés mesurant environ 12 à 16 mm de long, ont une coloration blanchâtre du haut de la tête et du pronotum et une durée de vie d'environ 9 à 10 mois. La femelle pond ses œufs groupés de couleur blanc cassé (30 à 80 œufs) et disposés en ooplaque. Après éclosion, les larves émergent et restent groupées autour de l'ooplaque sans se nourrir jusqu'au deuxième stade larvaire (24 à 48 h) à partir duquel elles commencent à se nourrir. Les dégâts occasionnés par ces ravageurs se manifestent par un avortement des boutons floraux, déformations, flétrissement et chute des fruits (Pierre *et al.*, 2018).



Planche 5 : *Nezara viridula* sur tomate (Anonyme, 2016).

III. GESTION ET MAITRISE DES RAVAGEURS

III.1. Contrôle agroécologique

Le contrôle agroécologique des ravageurs repose sur un ensemble de pratiques agricoles. Il s'appuie sur une agriculture multifonctionnelle et durable qui valorise les agroécosystèmes, optimise la production et minimise les apports en intrants. Elle est basée sur plusieurs techniques (Metty, 2010; Raveloson Ravaomanarivo, 2015; Pierre *et al.*, 2018) :

- La rotation et l'association culturale
- Les haies de protections, de brises vent et de production de biomasse ;
- La prophylaxie en déposant dans un augmentorium de fruits piqués infestés ;
- L'utilisation de plantes pièges (« système push-pull »).

Par ailleurs il faut une bonne prévention en respectant les besoins des plants (ensoleillement, type de sol, fertilité, irrigation), en attirant les auxiliaires (nichoirs et abris insectes, ...) et en surveillant les insectes ravageurs.

III.2. Contrôle biologique

Le contrôle biologique consiste à utiliser des organismes vivants ou de leurs produits afin de prévenir, réduire ou éliminer les ravageurs (Barjon & Fogliani, 2016; Blocaille *et al.*, 2017) :

- Macroorganismes auxiliaires prédateurs et/ou parasitoïdes (coccinelles, syrphes, chrysopes, thrips)
- Microorganismes à l'état naturel ou en formulation, des Pheromones et keronones.

III.3. Contrôle physique

Le contrôle physique ou mécanique regroupe différentes méthodes qui permettent de bloquer ou éliminer de manière physique les organismes nuisibles (Anonyme, 2014; Barjon & Fogliani, 2016; Blocaille *et al.*, 2017).

- Utilisation de filet anti-insectes de grosseurs de mails suivant le ravageur à combattre
- Effeillage des plants pour éliminer certains stades de ravageurs
- Utilisation de pièges chromo-attractif englués (jaune, bleu, blanc) ou à phéromones

III.4. Contrôle chimique

Le contrôle chimique consiste à lutter contre les ennemis des cultures par l'utilisation de produits phytosanitaires, appelés produits phytopharmaceutiques ou pesticides.

IV. GENERALITES SUR LES PESTICIDES

IV.1. Définition des pesticides

Selon le code du Food and Agriculture Organization (FAO), un pesticide est toute substance ou mélange de substances destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs et les espèces indésirables de plantes causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, le stockage, le transport, la distribution et la préparation d'aliments ou de produits agricoles (Kolia, 2015). Un pesticide est composé d'une ou plusieurs matières actives et des matières additives.

 **Matière active (m. a.)** : elle est la substance à laquelle est attribuée en partie ou en totalité, l'activité biologique directe ou indirecte dirigée contre le parasite ou la maladie visée. Connue sous le nom chimique du pesticide, elle est exprimée en masse par volume (g/L) ou en pourcentage (%) pour les formulations liquides et en g/Kg pour les formulations sèches.

 **Matières additives** : elles sont généralement des substances qui renforcent l'efficacité et la sécurité du produit. Elles peuvent être des solvants, émulsifiants, colorants, adhésifs, etc.

IV.2. Classification des pesticides

Il existe plusieurs types de classification des pesticides suivant des critères précis.

Classification selon l'ennemi ciblé

La classification selon l'ennemi ciblé est la plus courante. Les principales cibles des pesticides en agriculture sont des organismes vivants diversifiés (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification des produits pesticides selon les espèces ciblées (selon le CILSS)

Types de pesticides	Espèces nuisibles
Insecticides	Insectes ravageurs
Fongicides	Champignons phytopathogènes
Herbicides	Mauvaises herbes (adventices)
Nématocides	Nématodes phytoparasites
Acaricides	Acariens phytoparasites
Rodenticides	Rongeurs

Classification selon le type de formulation

Le type de formulation correspond à l'état solide ou liquide sous lequel le pesticide est conditionné et mis sur le marché.

Selon Swadodo (2012), les formulations les plus rencontrées sont :

- les formulations sèches ou solides (poudres mouillables ou solubles dans l'eau (WP), granulés à disperser dans l'eau (WG), granulés et micro granulés (MG), microcapsules (MC) et poudres)
- les formulations mouillées ou liquides (solutions concentrées solubles (SL), concentrés émulsionnables (EC), suspensions liquides concentrées aqueuses et non aqueuses (SC)).

Classification selon le mode d'action

Selon leur mode d'action, il existe des pesticides de contact, des pesticides systémiques, des pesticides par inhalation et des pesticides par ingestion. En outre, un pesticide peut avoir plusieurs modes d'action.

Classification selon la famille chimique

Les pesticides sont classés en familles selon qu'ils possèdent des propriétés chimiques similaires, ou au fait qu'ils agissent de la même façon sur les organismes cibles (Tableau 3).

Tableau 3 : Quelques familles de pesticides et leurs modes d'action

Famille chimique	Exemple de substances actives	Sites d'action cibles
Organophosphorés	Chlorpyriphos-éthyl, Profénofos	Inhibiteurs d'acétylcholinestérase (AChE)
Carbamates	Méthomyl	Système nerveux
Organochlorés	Endosulfan	Bloqueurs des canaux chlorures GABA-gated
Pyréthriinoïdes	Deltaméthrine, Cyperméthrine	Système nerveux
Néonicotinoïdes	Imidaclopride, Acétamipride	Modulateurs des compétiteurs des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR) Système nerveux

• **Le Chlorpyriphos-éthyl**

La matière ou substance active Chlorpyriphos-éthyl est un organophosphoré, agissant sur le système nerveux par inhibition de l'acétylcholinestérase au niveau des synapses. Certaines formulations homologuées sont à base du Chlorpyriphos-éthyl, le LORSBAN NT recommandé contre divers types d'insectes (puceron, mouche du chou, noctuelle ponctuée) (Dow AgroSciences Canada Inc., 2016), le DURSBAN DELTA destiné aux traitements insecticides des cultures d'abricotier, pommier, cerisier et de vigne (ANSES, 2014) et le DURSBAN 480 agréé contre la mouche du chou (Dow AgroSciences, 2017). De par ses effets sur les abeilles, les mesures de gestion préconisent de ne pas appliquer le Chlorpyriphos-éthyl en période de floraison, en présence d'adventices ou de végétation adjacente.

Sa durée de demi-vie (DT50) est de 52 jours et celle de ses métabolites environ 22 jours. Il n'est pas facilement biodégradable. Des études révèlent qu'il provoque le cancer chez les animaux de laboratoire mais l'applicabilité de ceci aux humains n'est pas connue (Dow AgroSciences, 2017).

- **L'Imidaclopride**

L'Imidaclopride est la première substance active de la nouvelle famille d'insecticides : les néonicotinoïdes (Chloronicotinyles). Ces derniers entraînent la mort des parasites d'une manière similaire au produit naturel, la nicotine, par leur action sur le système nerveux central. En effet, ils provoquent le blocage irréversible des récepteurs cholinergiques post-synaptiques de l'acétylcholine perturbant ainsi la transmission nerveuse chez l'insecte. La matière active Imidaclopride est un des insecticides systémiques les plus utilisés dans le monde en horticulture. Elle existe dans de nombreuses formulations commerciales, CONFIDOR, ADMIRE et MARATHON recommandées en traitements foliaires, du sol ou des semences contre les insectes. L'Imidaclopride, faiblement multigénique et modérément toxique, peut se révéler toxique pour les abeilles par contact direct. Aucun effet cancérigène n'a été révélé par une étude de deux ans de cancérogénicité chez les rats. Son potentiel de rétention sur la matière organique dans le sol ou coefficient de partage carbone organique/eau (K_{oc}) est de 273 cm³/g et sa DT50 est de 180 jours (Sayeda, 2007).

IV.3. Bonnes pratiques phytosanitaires

L'utilisation intensive et non contrôlée des pesticides peut engendrer de nombreux problèmes d'ordre sanitaire et environnemental. Ainsi, pour une bonne pratique phytosanitaire, il est nécessaire de :

- Connaître et identifier l'ennemi à combattre ;
- Prendre en considération la culture et son stade de développement ;
- Choisir le produit désigné et connaître la posologie ; bien préparer la bouillie ;
- Porter un équipement de protection individuelle (EPI) ;
- Bonne maîtrise de la pulvérisation ;
- Suivre les précautions à prendre après pulvérisation (lavage des gants, des mains, du visage, du cou, stockage des pesticides non utilisés, décontamination du matériel d'application et des EPI, ...).

IV.4. Utilisation des produits phytosanitaires au Sénégal

Le Sénégal étant un pays membre Permanent du CILSS, adopte la liste des pesticides autorisés par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) et l'adapte à ses besoins agricoles et de santé publique. Les pertes causées par les parasites et ravageurs des cultures sénégalaises sont estimées à 30% de la production annuelle malgré l'utilisation des pesticides. Ainsi, pour une meilleure maîtrise de ces ravageurs, l'agriculture sénégalaise utiliserait par an en moyenne 598 tonnes de pesticides solides et 1 336 560 litres de pesticides liquides pour une valeur de près de 11 milliards de francs CFA. Selon un rapport du Conseil Economique et Social, cité dans le même document, ce serait plus de 3741 tonnes de pesticides qui seraient utilisées chaque année, dont 70% seraient importées. En 2015, 16,1% de pesticides étaient autorisés par la Commission Nationale de Gestion des Produits Chimiques (CNGPC). Sur ces pesticides autorisés, 67,8 % sont des herbicides, 12,2 % des insecticides et fongicides et les 7,8% des nématicides, rodenticides, et acaricides (Diarra & Diallo, 2017).

La pré-homologation au Sénégal comporte l'évaluation de l'efficacité biologique des pesticides à travers des essais et des tests conduits par l'ISRA et le CDH, la détermination des résidus pesticides dans les aliments, produits végétaux et animaux effectuée par la Fondation CERES-Locustox, l'appui à la préparation des dossiers d'homologation des pesticides à soumettre au CSP effectué par la DPV (Direction de la Protection des Végétaux) et le contrôle documentaire des importations de pesticides au Sénégal effectué par la CNGPC. Pour l'homologation, le Sénégal participe aux sessions d'homologation des pesticides au niveau régional à travers le Directeur de la DPV, un chercheur du CDH et deux personnes ressources dont une du CERES-Locustox et une de la faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de l'UCAD.

Les sessions d'évaluation des dossiers de demande d'homologation des pesticides se tiennent (en session ordinaire) 2 fois par an à Bamako au Mali. La post-homologation est gérée par la CNGPC, le Service National d'hygiène pour les pesticides utilisés en santé publique, la Direction de l'Environnement pour les aspects environnementaux et le Centre Anti Poison pour le suivi de la santé des applicateurs (Diarra & Diallo, 2017).

A part ces méthodes de contrôle, il existe d'autres méthodes de gestions des ennemis des cultures parmi lesquels le contrôle intégré.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. ZONE D'ETUDE ET SES CARACTERISTIQUES

L'essai a été réalisé à la station expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) de Sangalkam (Latitude 14° 46' 58'' N, Longitude 17° 13' 35'' O, Altitude 20 m) qui se situe dans la zone des Niayes. Cette dernière, s'étend de Dakar à Saint-Louis sur une longueur de près de 180 km et sur 30-35 km de largeur sur le long du littoral nord-ouest dans les régions de Dakar, Thiès, Louga et Saint-Louis. Enveloppant une superficie de 3090 km², elle est comprise entre les isohyètes 200 à 500 millimètres. Elle est caractérisée par des dépressions inter-dunaires fermées à nappe phréatique affleurante ou sub-affleurante dans le système dunaire ogolien (dunes rouges). Le climat dans les Niayes est qualifié de type tropical sub-canarien ; l'air relativement frais, l'état hygrométrique élevé (environ 60 à 80%) et une saison pluviométrique tardive (juillet-octobre). Les températures sont comprises entre 20 à 30°C et la pluviosité annuelle moyenne est d'environ 400 mm (Ndao, 2012; Camara *et al.*, 2013, 2014; PADEN, 2013).

De novembre à mai-juin, la zone des Niayes, exposée à l'alizé maritime, bénéficie de températures relativement fraîches et favorables à la production de plusieurs légumes de type « européen », principalement la tomate, la pomme de terre, l'oignon, le chou, la carotte. D'autres facteurs, notamment la typologie des sols (sols sablonneux), la topographie, ainsi que la présence de grands centres urbains importants consommateurs de légumes sont un atout pour le maraichage dans cette zone (Beniest, 1987 PADEN, 2013).

Un grand nombre de pesticides homologués et parfois prohibés sont utilisés dans la production périurbaine des Niayes. Leur utilisation est faite par aspersion par les maraichers cultivant des surfaces de 0,1 à 0,2 hectare, par traitement avec un pulvérisateur manuel ou motorisé chez, aussi bien les petits que les moyens exploitants. Les grands et quelques moyens exploitants pratiquent un traitement par ferti-irrigation utilisé en association avec irrigation au « goutte à goutte ». Selon Cissé *et al.*, (2003), les concentrations des résidus dans la nappe, notamment pour le Malathion, le Chlorpyriphos-éthyl, la Cyperméthrine et la Deltaméthrine sont respectivement de 11,88 µg/L, 0,73 µg/L, 4,36 µg/L et 0,079 µg/L. A l'exception de celle de la Deltaméthrine, ces dernières dépassent les normes de concentrations admises. Plusieurs tests de produits phytosanitaires se font au niveau du site expérimental de l'ISRA/CDH de Sangalkam.

La parcelle abritant l'essai expérimental avait comme précédent cultural la patate. Par ailleurs, à l'Est environ à 3 m de celle-ci, se trouvait une culture biologique de tomate (utilisant que des fertilisants organiques).

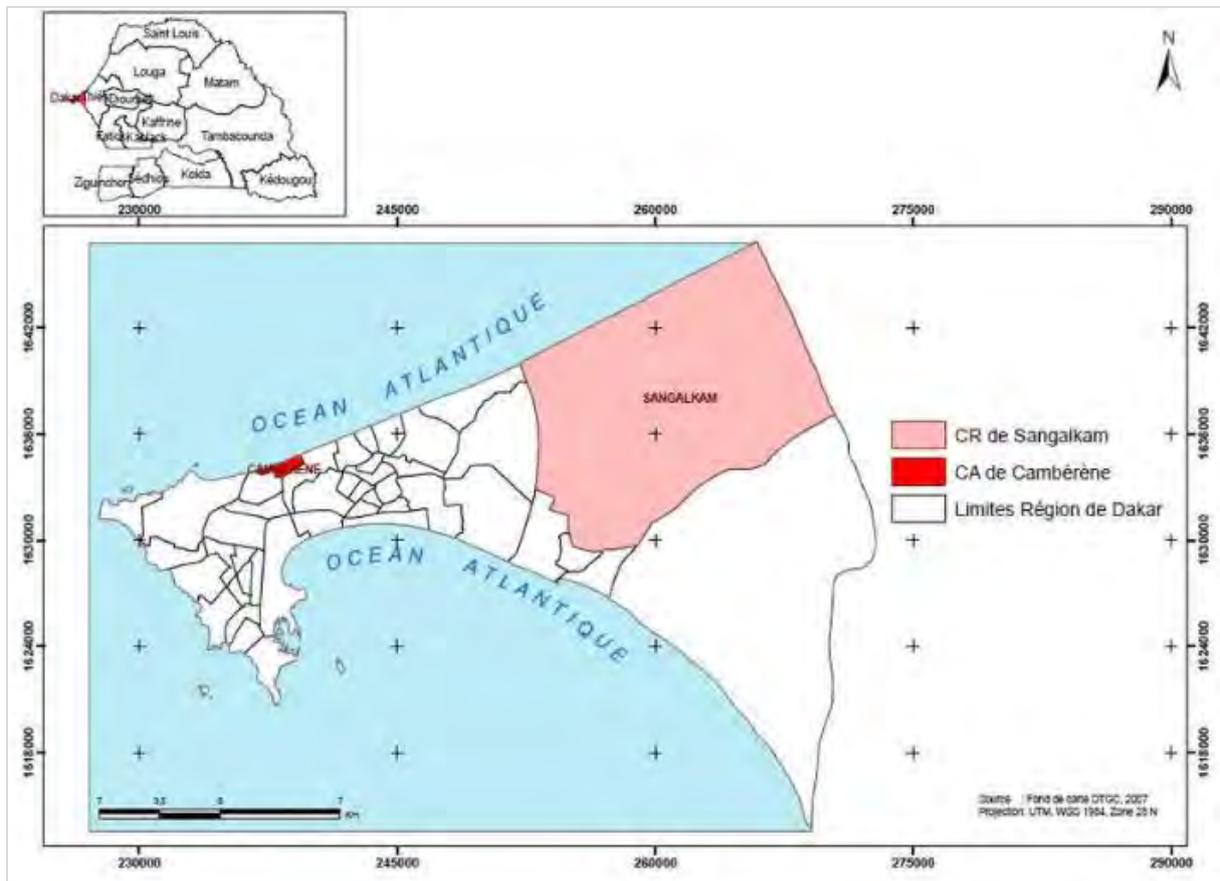


Figure 7: Position géographique de la station expérimentale ISRA/CDH de Sangalkam (Camara *et al.*, 2014).

II. MATERIEL BIOLOGIQUE, TECHNIQUE ET PHYTOSANITAIRE

II.1. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé pour la conduite de l'essai est la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de variété F1 Mongal. Le choix de cette variété se justifie du fait qu'elle soit caractérisée par une bonne vigueur et une bonne nouaison mais aussi sa résistance aux nématodes à galles et à *Ralstonia solanacearum*. Ayant une croissance déterminée, elle produit des fruits aplatis légèrement côtelés et de couleur rouge vif à maturité. Le matériel animal est constitué par les principaux ravageurs naturels de la tomate observés.

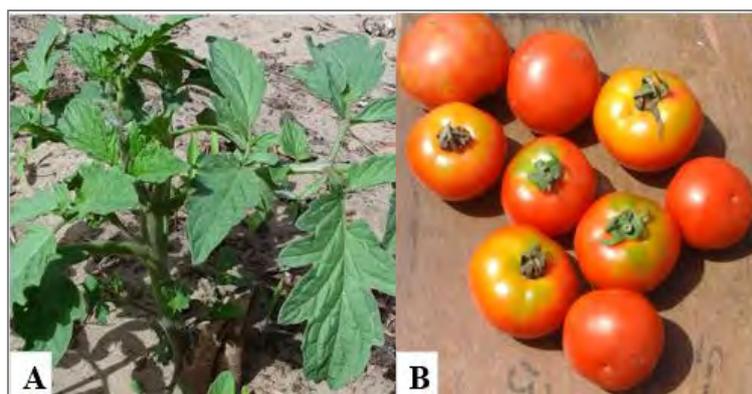


Planche 6: Plante de tomate variété F1 Mongal (A) et ses fruits (B).

II.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour l'expérimentation est présenté dans le Tableau 4.

Tableau 3: Matériel technique utilisé

Matériel technique	Utilités
Plaques alvéolées, terreux	Mise en place de la pépinière
Tracteur	Labour
Décamètre, cordes, marteau, piquets	Délimitation de la surface couverte par l'essai et des parcelles élémentaires
Râteaux, étiquettes, pelles	Binage, nivellement et ados des parcelles
Rayonneur, arrosoirs 10 L	Repiquage des plants de tomate
Raccords souples, eau et binettes	Arrosage des parcelles et sarclage
Pulvérisateurs à dos de 12 L, seaux, seringues de 5 ml, bouchon de 10 ml, bidons de 1,5 L, agitateurs	Matériel de préparation des solutions et matériel de traitement
Combinaison, lunettes de protection, masque, protège-nez, gants, bottes	Equipement de protection individuelle pour traitement
Fiches de relevées, bloc-notes, stylo, gants	Echantillonnage
Seaux, balance Camry (100 kg), bassines	Récolte

II.3. Matériel phytosanitaire

Dans le cadre de cette étude, deux insecticides ont été testé en comparaison avec le Deltamet 12,5 EC (Décis). Il s'agit du Chlorpyriphos-éthyl 480 g/L et de l'Imidaclopride 200 g/L commercialisés sous les noms Clorsban 480 EC et Confida 200 SL.

🌿 Clorsban 480 EC

L'insecticide Clorsban 480 EC est un Concentré Emulsionnable (CE) appartenant à la famille des organophosphorés. Il Contient 480 g/L de Chlorpyriphos-éthyl et agit par contact, inhalation et par ingestion. Utilisé pour le traitement des semences et des parties aériennes des plantes, le Chlorpyriphos-éthyl possède un effet neurotoxique et se manifeste par une longue persistance d'action. La dose de traitement recommandée est 20 ml de matière active (m.a.) pour 10 L d'eau avec une durée avant récolte (DAR) de 21 jours.

🌿 Confida 200 SL

Le Confida 200 SL un néonicotinoïde dont la matière active est l'Imidaclopride 200 g/L. Utilisé contre les mouches blanches et les cochenilles, il a une activité systémique qui se fait par diffusion de la matière active vers les parties aériennes. Cette diffusion qui dépend du taux de transpiration des plants peut prendre 10 jours. La dose de traitement recommandée est 5 ml de m.a./ 2 L d'eau et la DAR est de 7 jours.

🌿 Deltamet 12,5 EC (Décis)

Le produit de référence est le Décis 12,5 EC. C'est un pyréthrianoïde ayant pour matière active la Deltaméthrine 12,5 g/L dont la dose de traitement est 5 ml de m.a./ 2 L d'eau. Il est homologué au CILSS et largement utilisé dans la zone des Niayes contre les ravageurs des cultures d'où son choix pour référence.



Planche 7: Produits phytosanitaires

III. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé pour cette étude était en blocs aléatoires complets ou bloc de Fisher. Il était constitué de 3 blocs (répétitions) répartis sur la longueur du terrain et séparés par des intervalles de 2 mètres. Les blocs été disposés dans une direction Est-Ouest, perpendiculairement au sens du gradient d'hétérogénéité (pente du terrain). Dans chaque bloc, les différents traitements ont été répartis aléatoirement sur 8 parcelles élémentaires (PE) (Figure 8A). Chacune de ces parcelles correspond ainsi à un traitement. Chaque PE a une surface de 5 m² (2,5 m x 2 m) et comporte 4 lignes de culture mesurant chacune 2 mètres. Cinq plants de tomate ont été repiqués sur chaque ligne soit 20 plants/PE. Les écartements entre lignes et ceux entre plants étaient de 0,5 mètre (Figure 8B). La superficie totale de l'essai est de 242 m² (22 m x 11 m).

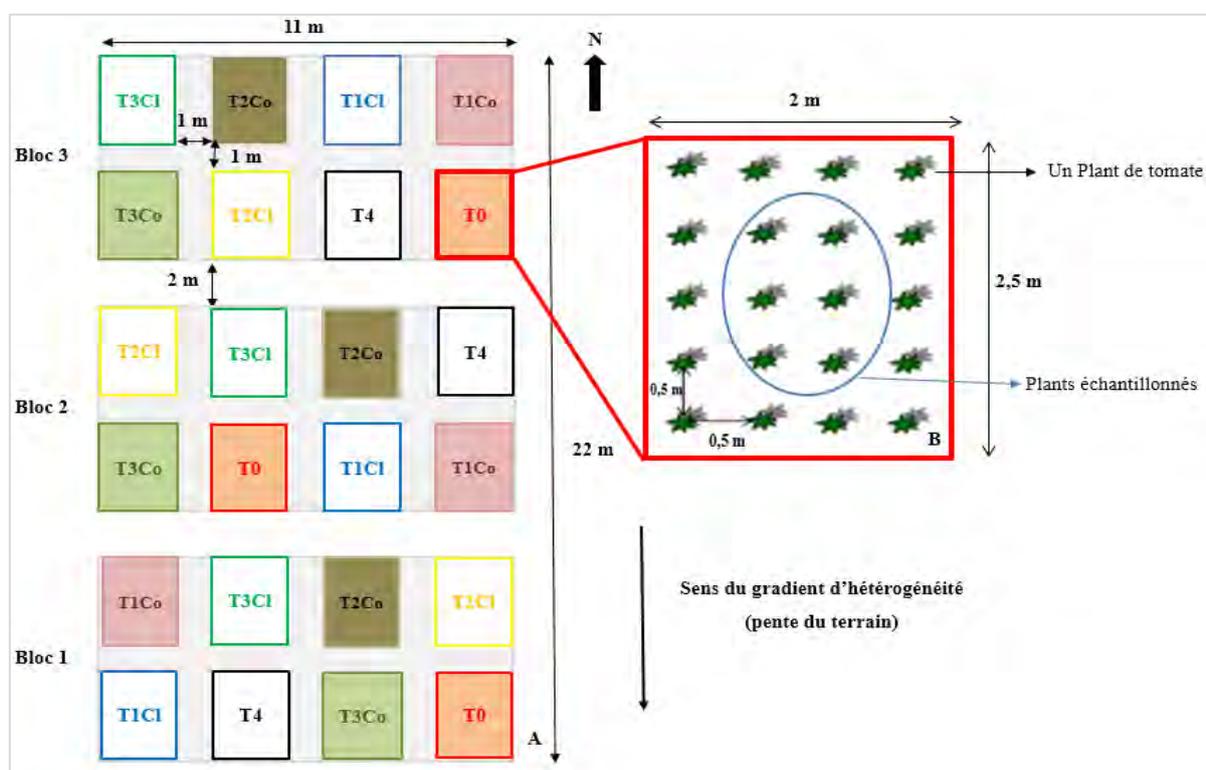


Figure 8: Plan du dispositif expérimental de l'essai de tomate (A) et parcelle élémentaire (B)

Légende :

 T1Cl	Demi-dose Clorsban = 20 ml de m.a / 2 L d'eau	 T1Co	Demi-dose Confida = 2,5 ml de m.a / 2 L d'eau
 T2Co	Dose double Clorsban = 80 ml de m.a / 2L d'eau	 T2Co	Dose double Confida = 10 ml de m.a / 2 L d'eau
 T3Cl	Dose recommandée Clorsban = 40 ml de m.a / 2 L d'eau	 T3Co	Dose recommandée Confida = 5 ml de m.a / 2 L d'eau
 T4	Témoin traité avec Décis = 5 ml de m.a / 2 L d'eau	 T0	Témoin non traité

IV. ITINERAIRES TECHNIQUES

IV.1. Pépinière de tomate

La pépinière de tomate a été réalisée le 27/12/2018 au CDH. Les graines de tomate ont été semées dans des alvéoles contenant un substrat à 100% de terreau. La levée avait débuté quatre jours après le semi. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué aux plants en pépinière.



Planche 8 : Mise en place de la pépinière de tomate

IV.2. Préparation du sol et repiquage

Le site de l'étude d'une parcelle de 242 m² (22 m x 11 m) a été délimité 5 jours avant le repiquage. Le sol a été d'abord labouré en profondeur à l'aide d'un tracteur afin de nettoyer les résidus de la culture précédente. Ce labourage permet aussi de créer un volume de pores suffisant pour absorber l'eau, l'air et pour permettre une bonne pénétration des racines des jeunes plants de tomate. Après cette opération, la surface totale de l'essai a été divisée en 24 parcelles élémentaires réparties en 3 blocs à l'aide d'un décamètre, des cordes, des piquets et un marteau. Il s'en suit, à l'aide de râteliers, le nivellement des parcelles élémentaires et l'élévation des ados pour éviter des pentes causant un ruissellement lors de l'arrosage. Ainsi, dans chacune de ces parcelles, a été placée l'étiquette correspondante selon le dispositif expérimental. Pour le repiquage, les écartements entre les lignes (0,5 m) et ceux des plants (0,5 m) ont été tracés grâce à un rayonneur. Les plants de tomate ont été repiqués à un (1) par trou après 35 jours passés en pépinière. Après ce repiquage, les plants ont été arrosés à l'aide des arrosoirs de 10L.

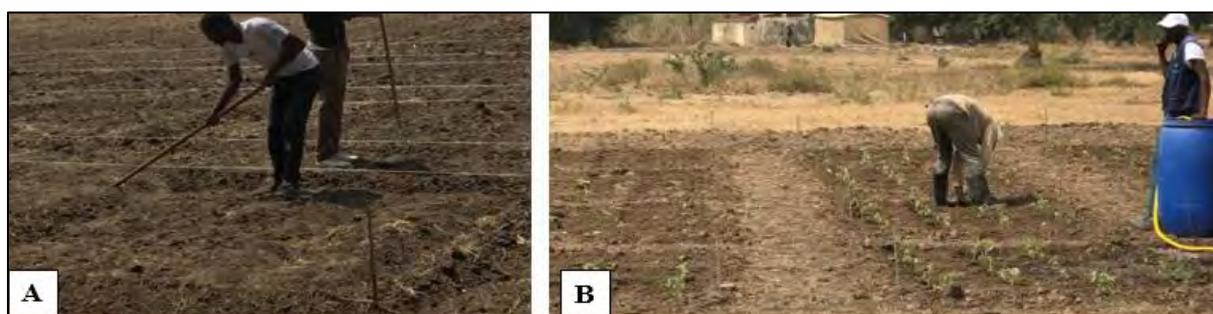


Planche 9: Délimitation des parcelles (A) et repiquage des plants de tomate (B).

IV.3. Fertilisation et irrigation

Pour une bonne croissance et développement des plants, l'engrais de fond a été épandu et enfoui sur chaque parcelle élémentaire 5 jours avant le repiquage selon les quantités 200 kg/ha de NPK (N = Azote, P = Phosphore, K = Potassium)10-10-20 plus 150 kg/ha d'urée, soit 100 g de NPK plus 75 g d'urée pour une parcelle de 5 mètres carré. Pour l'engrais de couverture, les mêmes quantités que l'engrais de fond ont été épandues sur chaque parcelle suivant le calendrier 15, 30 et 50 jours après repiquage. L'irrigation, journalière, se faisait par aspersion à l'aide de raccords flexibles. Le sarclage s'opérait dès l'apparition d'adventices. Il se faisait ainsi soit manuellement soit par binage (avec des binettes).

V. TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES

Les traitements phytosanitaires des produits à tester avaient débuté 14 jours après repiquage. Au total, trois traitements ont été effectués avec un intervalle de 14 jours (Tableau 5). Ces derniers se faisaient vers 17 h à l'aide de pulvérisateurs à dos d'une capacité de 12 litres. La préparation des solutions se faisait au niveau du site d'étude pour minimiser les risques de contamination. Le produit était d'abord versé dans un bouchon gradué, puis prélevé avec une seringue de 5 ml. Après ce prélèvement, le produit est mis dans un seau contenant 2 L d'eau de robinet. Il s'en suit une agitation pour homogénéiser la solution. Cette dernière est ensuite versée dans un pulvérisateur et appliquée à la parcelle correspondante. D'un traitement à un autre, le pulvérisateur utilisé a toujours été abondamment rincé avec de l'eau de robinet. Aussi, un traitement préventif de fongicide (Mancozèbe) a été appliqué une semaine après repiquage.



Planche 10: Préparation de la bouillie (A ; B ; et C) et traitements phytosanitaires (D).

Tableau 4: Calendrier des différents relevés et traitements

Date	14/02/2019	21/02/2019	28/02/2019	07/03/2019	14/03/2019	20/03/2019
Relevés (N°)	01	02	03	04	05	06
Traitements (N°)	01		02		03	

VI. MESURES ET OBSERVATIONS

VI.1. Echantillonnage

Pour le suivi des dégâts foliaires causés par les ravageurs, six (6) plants centraux ont été choisis dans chaque parcelle élémentaire pour éviter les effets de bordure, soit un total de 18 plants par traitement. Les observations ont débuté 14 jours après repiquage, soit en même temps que le début des traitements phytosanitaires. A partir de cette date, chaque semaine une observation a été faite, avec un intervalle de 7 jours entre observations. Au total, 6 observations ont été effectuées et la méthodologie adoptée consistait à choisir trois feuilles sur chaque plant échantillonné. Ainsi, les dégâts étaient évalués sur la première (étage supérieur), la deuxième et la dernière feuille (étage inférieur) et les observations portaient sur le :

- 🌿 nombre de mines et/ou larve(s) de *T. absoluta* ;
- 🌿 nombre de mines et/ou larve(s) de *Liriomyza sp* ;
- 🌿 nombre de défoliations et/ou larves de *H. armigera* ;
- 🌿 nombre de dégâts des punaises, des acariens et de *B. tabaci* (mouche blanche ou aleurode).

$$\text{Incidence des acariens} = \frac{\text{Nombre de dégât observé}}{\text{Nombre total de folioles observées}} \times 100$$



Planche 11: Observations et échantillonnage des dégâts causés par les ravageurs.

VI.2. Récolte

La récolte a été effectuée dès l'apparition des premiers fruits mûrs (68 jours après repiquage). Au total, quatre récoltes ont été faites et pendant chaque récolte, les fruits mûrs et ceux qui étaient au point de l'être sont cueillis à la main par une simple torsion de leur pédoncule. Ils sont ensuite triés et les fruits sains commercialisables séparés des fruits détériorés (fruits non commercialisables).

Il s'en suit un comptage et un pesage (avec une balance mécanique) des fruits séparés pour chaque parcelle. En effet, il était question de déterminer :

- 🍅 Le nombre total de fruits récolté pour chaque traitement
- 🍅 Le poids des fruits récoltés pour chaque traitement
- 🍅 Le nombre de fruits sains pour chaque traitement
- 🍅 Le poids des fruits sains pour chaque traitement
- 🍅 Le nombre de fruits atteints pour chaque traitement
- 🍅 Le poids des fruits atteints pour chaque traitement



Planche 12: Récolte, triage et pesage des fruits de tomate mis dans des bassines.

VI.3. Rendements et taux de perte

Le rendement économique (en fruits commercialisable) est donné par la formule suivante :

$$\text{Rendement économique (t/ha)} = \frac{\text{Poids des fruits sains (t)}}{\text{Surface de la parcelle élémentaire (ha)}}$$

Le rendement en fruit non commercialisable est donné par la formule suivante :

$$\text{Rendement non commercialisable (t/ha)} = \frac{\text{Poids des fruits atteints (t)}}{\text{Surface de la parcelle élémentaire (ha)}}$$

Le taux de perte des fruits de tomate a été calculé avec la formule suivante :

$$\text{Taux de perte}(\%) = \frac{\text{Rendement non commercialisable (t/ha)}}{\text{Rendement total (t/ha)}} \times 100$$

VII. ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été d'abord saisies et analysées graphiquement à l'aide d'un tableau Excel. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 3.5.0 (2018). Après vérification de la normalité des données, la comparaison des moyennes a été faite par une analyse de la variance (ANOVA), suivi d'un test HSD de Tukey. Ainsi, les P-values <5% sont retenus pour caractériser les doses efficaces ou pas, en comparaison avec l'insecticide de référence (Décis) ou au témoin non traité.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. Effets des traitements sur les populations des ravageurs de la tomate observés

I.1.1. Efficacité comparée des traitements sur les mines de *Tuta absoluta*

La Figure 9 représente les résultats de l'étude comparative de l'efficacité des différents traitements sur les dégâts de la mineuse de la tomate (*T. absoluta*). Il ressort de l'analyse de ces résultats que le nombre moyen de dégâts varie de 0,83 à 4,48 mines/plant. L'ANOVA révèle que les mines de *T. absoluta* sont significativement plus faibles (ddl = 7 ; P-value = 2.10^{-16}) dans les parcelles traitées avec le Clorsban (Chlorpyriphos-éthyl 480 g/L) aux doses T2Cl, T3Cl et T1Cl comparées aux parcelles témoins traitées avec le produit de référence (T4), des parcelles témoins non traitées (T0) et à celles traitées avec le Confida (T1Co, T2Co et T3Co).

Le test HSD de Tukey a groupé les différents traitements en quatre groupes. Un groupe (a) qui correspond au traitements T3Co. Il comporte le nombre de mines le plus important (environ 4,48 mines/plant). Un groupe (ab) avec des dégâts variant autour de 3,8 mines/plant, qui correspond aux traitements T1Co et T2Co. Les deux témoins sont représentés par le groupe (b) (environ 3 mines/plant). Le groupe révélant le nombre de mines le plus faible est obtenu avec les traitements T1Cl, T3Cl et T2Cl du Chlorpyriphos-éthyl ; c'est le groupe (c).

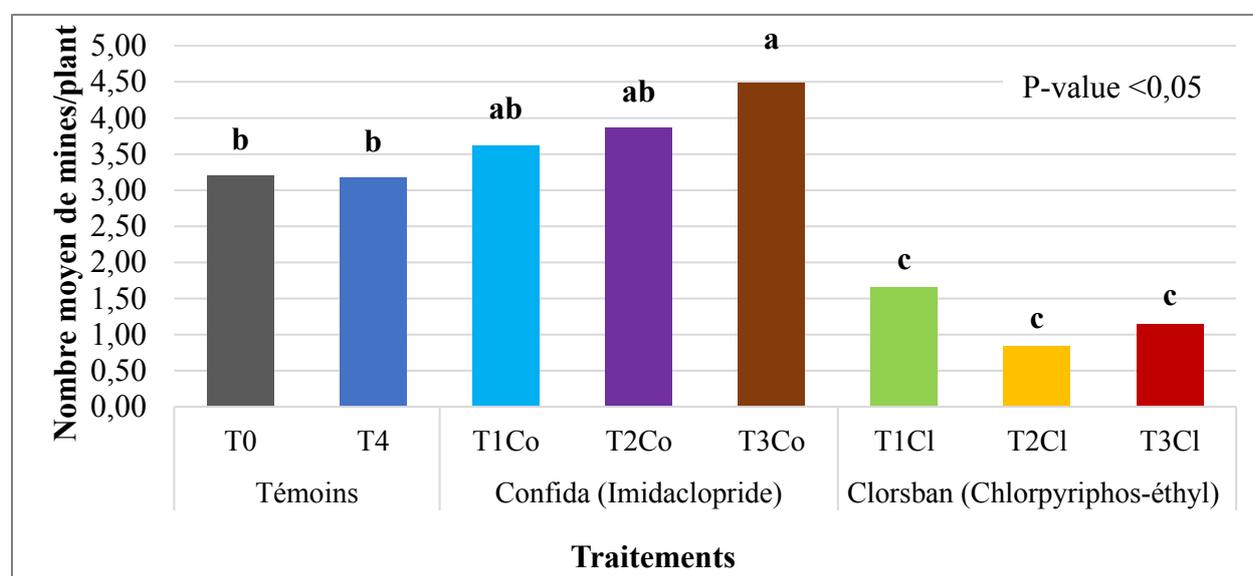


Figure 9: Efficacité comparée des traitements sur les mines de *T. absoluta*

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

I.1.2. Efficacité comparée des traitements sur les mines de *Liriomyza sp.*

Les résultats de la comparaison de l'efficacité des traitements sur les dégâts de la mouche mineuse (*Liriomyza sp.*) révèlent que le nombre moyen de mines le plus important (3,08 mines/plant) est obtenu au niveau des parcelles traitées avec la dose recommandée du Confida (T3Co = 5 ml/2 L). Cependant, les parcelles traitées avec la dose double du Chlorpyriphos-éthyl (T2Cl) enregistrent le nombre de mines le plus faible (1,05). Celles traitées avec les autres doses (T4, T0, T2Co, T3Cl, T1Co et T1Cl) enregistrent des dégâts d'environ 1,80 mines/plant. D'après l'ANOVA, ces derniers sont significativement plus faibles ($ddl = 7$; $P\text{-value} = 7,37.10^{-8}$) que ceux des parcelles traitées avec la dose conseillée du Confida. Les résultats obtenus par l'ANOVA sont confirmés par le test de comparaison des moyennes de Tukey qui donne deux groupes. Un groupe (a) constitué par les traitements T3Co et le groupe (b) représenté par les autres traitements (T4, T0, T2Co, T3Cl, T1Co et T1Cl).

Tableau 5: Efficacité comparée des traitements sur les mines de *Liriomyza sp.*

Traitements	T1Cl	T2Cl	T3Cl	T1Co	T2Co	T3Co	T4	T0
Moyennes	1,94 b	1,05 b	1,90 b	1,94 b	1,90 b	3,08 a	1,78 b	1,80 b

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

I.1.3. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts foliaires de *H. armigera*

Les résultats des tests de comparaison de l'efficacité des produits sur les dégâts de la noctuelle (*H. armigera*) sont représentés par la Figure 10. Cette dernière indique que les dégâts les moins importants (0,02 mines/plant) ont été obtenus dans les parcelles traitées avec la dose recommandée du Chlorpyriphos-éthyl (T3Cl), suivies de celles traitées avec sa double dose (T2Cl avec une moyenne de 0,09 dégâts/plant). En outre, les parcelles où ont été appliquées le Décis (T4) et la dose inférieure du Clorsban (T1Cl), enregistrent des dégâts foliaires variant autour de 0,10 dégâts/plant. Par contre, d'une part les dégâts les plus notables sont obtenus dans les parcelles traitées avec la dose supérieure (T2Co) et dans celles traitées à la dose inférieure (T1Co) du Confida, avec respectivement 0,32 et 0,47dégâts/plant. D'autre part, les parcelles non traitées et celles traitées avec le Confida à la dose recommandée (T3Co) ont des dégâts foliaires importants (0,21) mais, significativement plus élevés que ceux des parcelles traitées au Chlorpyriphos-éthyl à la dose recommandée. L'ANOVA révèle une différence significative ($ddl = 7$; $P\text{-value} = 5,88.10^{-6}$) pour l'efficacité des traitements sur les dégâts foliaires de *H. armigera* entre les différentes parcelles.

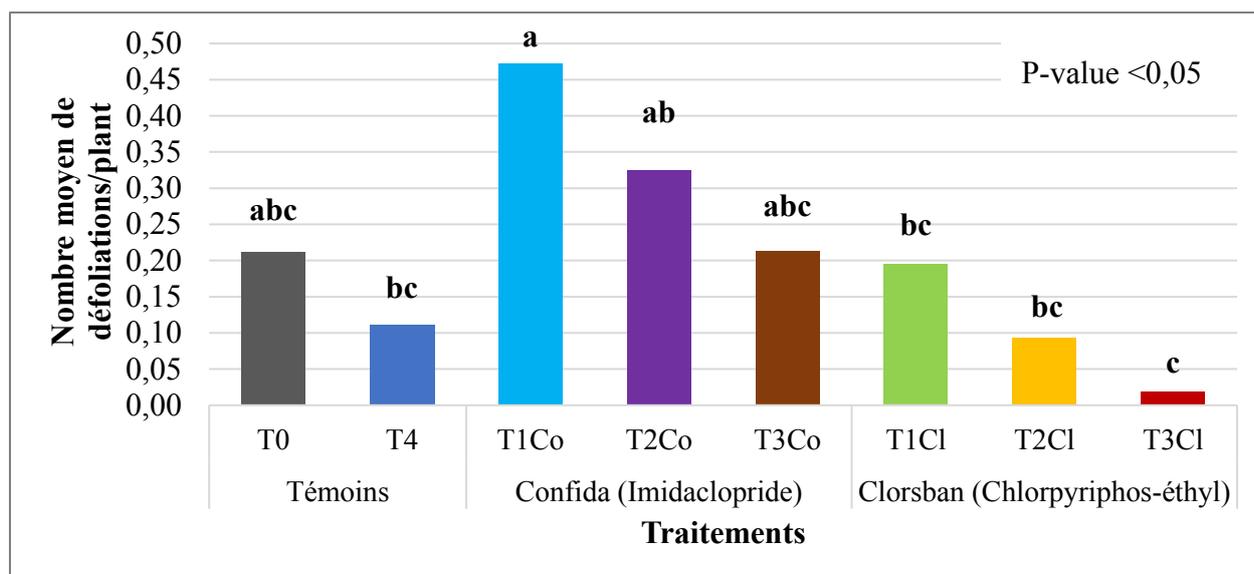


Figure 10 : Efficacité comparée des traitements sur les dégâts de *H. armigera*

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

I.1.4. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des aleurodes et des punaises

La comparaison de l'efficacité des traitements (Tableau 7) montre que le niveau d'infestation des aleurodes (*B. tabaci*) reste très faible dans les parcelles traitées avec les doses T3Co du Confida, T3Cl, T2Cl et T1Cl du Chlorpyriphos-éthyl. En effet, il ne dépasse pas 0,03 dégâts/plant. Cependant, les infestations les plus importantes ont été notées dans les parcelles non traitées alors que celles traitées avec le Confida aux doses T2Co et T2Co ainsi que le T4 ont enregistré des dégâts intermédiaires. Aucune différence significative n'a été enregistrée entre les différents traitements comparés au témoin non traitée (ddl =7 ; P-value = 0,625). Par conséquent, le test de comparaison des moyennes de Tukey n'a classé les traitements qu'en un groupe (a). Les attaques dues aux punaises ont été significativement réduites (ddl =7 ; P-value = $4,95 \cdot 10^{-7}$) dans les parcelles traitées avec le Confida aux différentes doses (T1Co, T3Co et T2Co) comparées à celles traitées aux doses T2Cl et T1Cl.

Tableau 6 : Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des aleurodes et des punaises

Traitements	T1Cl	T2Cl	T3Cl	T1Co	T2Co	T3Co	T4	T0
Dégâts moyens aleurode	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,04 a	0,03 a	0,01 a	0,04 a	0,06 a
Dégâts moyens Punaises	0,53 ab	0,36 b	0,92 a	0,06 b	0,18 b	0,10 b	0,37 b	0,36 b

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

I.1.5. Efficacité comparée des traitements sur les dégâts causés par les acariens

Les traitements avec le Chlorpyriphos-éthyl aux doses T1Cl et T2Cl ont peu réduits les dégâts acariens (environ une incidence de 19,7% et 22,2%) dans les parcelles, comparés aux deux témoins qui ont enregistré moins de dégâts (10,9% pour T0 et 11,4% pour T4). Les parcelles traitées par les autres traitements (T2Co, T3Cl, T1Co et T3Co) ont enregistré des dégâts dont la moyenne varie de 13,2 à 15,8. Ainsi, l'ANOVA révèle une différence significative entre les traitements sur les dégâts acariens (ddl = 7 ; P = 1,51.10⁻⁶).

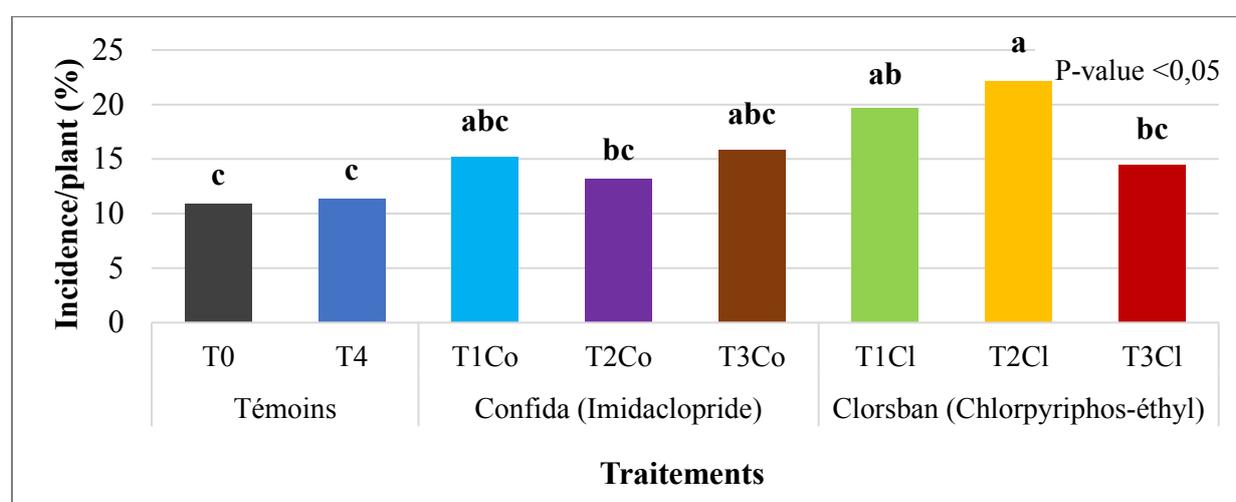


Figure 11 : Efficacité comparée des traitements sur les dégâts des acariens

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

II. Effet des traitements sur les paramètres agronomiques de la tomate

II.1. Effet des traitements sur le rendement en fruit commercialisable

D'après les résultats (Tableau 8), le rendement en fruits de tomate commercialisables le plus important a été obtenu dans les parcelles témoins T4 avec en moyenne 20,40 t/ha, suivies de celles traitées avec la dose T3Co puis de celles traitées avec la dose T1Cl qui enregistrent des rendements moyens d'environ de 16 t/ha. Les rendements les plus faibles ont été obtenus dans les parcelles traitées avec le Clorsban aux doses T2Cl et T3Cl et celles où est appliquée la dose T2Co. Ces rendements sont même inférieurs au rendement des parcelles témoins non traitées (T0) qui est de 12,27 t/ha. Le rendement intermédiaire est obtenu dans les parcelles traitées avec la dose T1Co. L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative entre les rendements des différentes parcelles (ddl = 7 ; P = 0,101).

Tableau 7 : Rendement économique (t/ha) en fonction des traitements

Traitements		Rendements moyens (t/ha)
Témoins	T0	12,27 a
	T4	20,40 a
Clorsban (Chlorpyriphos-éthyl)	T1Cl	16,07 a
	T2Cl	8,60 a
	T3Cl	8,80 a
Imidaclopride (Imidaclopride)	T1Co	10,40 a
	T2Co	14,07 a
	T3Co	17,20 a

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

II.2. Effets des traitements sur la qualité des fruits de tomate récoltés

L'ANOVA ne révèle pas de différence significative sur le taux de perte des fruits de tomate (détériorations, pourritures) dans les différentes parcelles (P-value >0,05). Le taux de perte de rendement le plus élevé (56,67%) est obtenu dans les parcelles traitées avec la dose T1Co. Par contre le taux le plus faible est enregistré dans parcelles traitées avec la Deltaméthrine (36,91%). Les parcelles où sont appliqués les autres traitements (T4, T3Co, T1Cl T3Cl, T2Cl) ont enregistrées un taux de perte moyens.

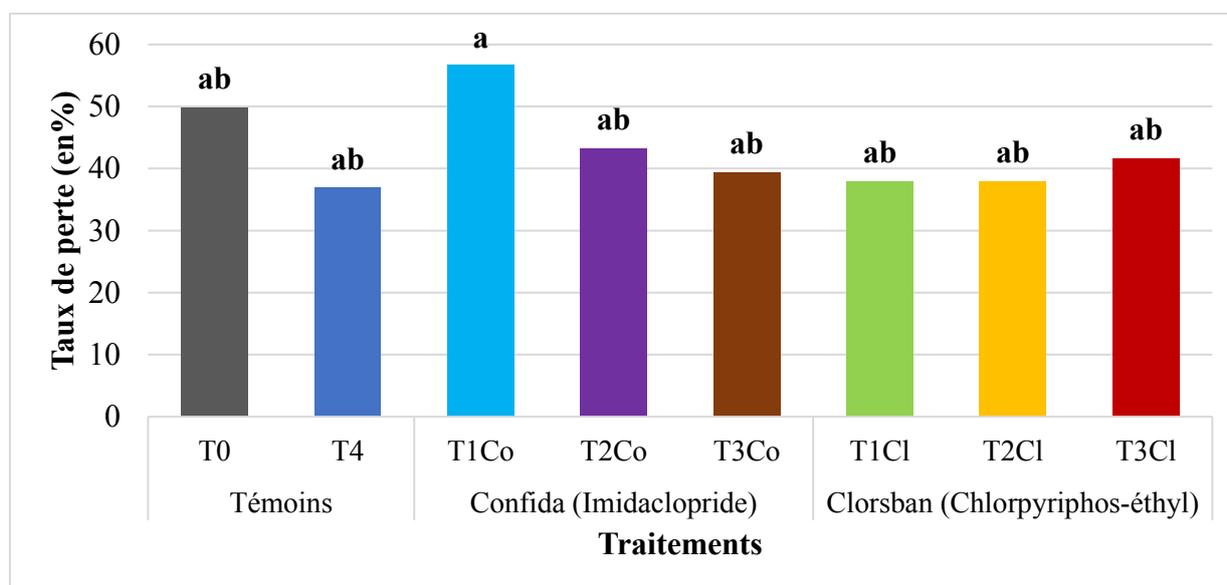


Figure 12 : Taux de pertes des fruits de tomate en fonctions des traitements.

D'après le test de Tukey, les traitements qui partagent une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

III. DISCUSSION

La présente étude effectuée à la station expérimentale de l'ISRA de Sangalkam a permis d'évaluer l'efficacité biologique du Clorsban 480 EC (Chlorpyrifos-éthyl 480 g/L) et de Confida 200 SL (Imidaclopride 200 g/L) sur la mineuse de la tomate (*T. absoluta*), la mouche mineuse (*Liriomyza sp.*) la noctuelle (*H. armigera*), la mouche blanche ou aleurode (*B. tabaci*), des punaises phytophages et des acariens ravageurs de la tomate dans la zone des Niayes.

Les résultats obtenus ont révélé que les traitements avec le Chlorpyrifos-éthyl 480 g/L sont significativement plus efficace contre les populations de la mineuse *T. absoluta* comparés aux témoins et à ceux de l'Imidaclopride. En effet, les parcelles traitées avec la dose double (T2C1) de ce produit ont enregistré un nombre de dégâts plus faible que celui noté dans les parcelles témoins (figure 9). Cette efficacité du produit peut s'expliquer par son triple mode d'action (contact, inhalation et ingestion). Par conséquent, il aurait atteint facilement le ravageur pour inhiber la cholinestérase entraînant ainsi la paralysie de son système nerveux et par conséquent sa mort (PPAAO, 2013). Ces résultats infirment ceux obtenus par Abbes *et al.* (2012) sur l'étude d'une stratégie de protection contre *T. absoluta* sur les cultures de tomate de plein champ en Tunisie. En effet, il avance que les infestations de *T. absoluta* sur tomate sont plus faibles à travers un contrôle intégré (piégeage de masse, utilisation de *Nesidiocorus tenuis*, effeuillages des plantes) comparée à l'application du Chlorpyrifos-éthyl).

Les traitements du produit à base d'Imidaclopride 200 g/L n'ont montré aucune efficacité contre la mineuse (*T. absoluta*) comparés aux témoins (Figure 9). En effet, c'est au niveau des parcelles traitées avec la dose recommandée T3Co que les dégâts les plus importants ont été enregistrés. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Collavino & Giménez (2008) en Argentine. Ainsi, selon eux, il est conseillé, pour une efficacité de contrôle élevée, d'appliquer l'Imidaclopride aux racines des jeunes plants par immersion pendant la transplantation. Cette inefficacité de l'Imidaclopride pourrait aussi s'expliquer par son activité systémique qui ne se produit qu'après diffusion de la matière active vers les parties aériennes des plantes. Ceci, ajouté à la densité végétale dans les parcelles, pourrait être la cause du nombre important de dégâts notés dans les parcelles traitées avec ce produit car celui-ci n'a pas pu atteindre le ravageur. Par ailleurs, la similarité des dégâts enregistrés dans les parcelles témoins (traitées avec la Deltaméthrine T4 et non traitées T0) pourrait être due à un effet insecticide amoindrie du produit de référence contre la mineuse (*T. absoluta*) car selon Harizanova *et al.*, (2009) une résistance de cette celle-ci aux pyréthriinoïdes a été signalée en Bulgarie.

Les différents produits testés ne semblent pas bien contrôler les populations de la mouche mineuse *Liriomyza* (tableau 6). En effet, seule la dose double du Chlorpyriphos-éthyl (T2Cl) a eu un effet insecticide significatif sur ce ravageur, comparée aux deux témoins (tableau 6). Ces résultats corroborent ceux obtenus par Kane (2016) sur l'évaluation de l'effet insecticide d'un organophosphoré (Profénofos) sur les populations de *Liriomyza* à la station de Sangalkam au Sénégal. De même, selon le CSAN (2017) la gamme de matière active efficace contre les mouches mineuses est limitée, en plus leur capacité à développer des résistances est très rapide. En outre, selon Yildirim & Civelek (2010), ces ravageurs ont développé une résistance à un large éventail de pesticides et que certains cultivateurs continue à utiliser le Chlorpyriphos-éthyl en Turquie, alors qu'il semble pas être efficace. Cependant, l'efficacité des traitements T2Cl pourrait être liée à l'augmentation de la dose. Comparée aux témoins, les différentes doses de l'Imidaclopride sont avérées inefficaces contre les populations de *Liriomyza*. Par conséquent, les dégâts étaient plus importants dans les parcelles traitées avec la dose recommandée T3Co de ce produit. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Dhillon & Sharma (2010) en Inde. En ce sens, Schuster & Morriss II (2002) et Coomans *et al.*, (2012) (en Inde) ont révélé que les applications de l'Imidaclopride au sol permettent un contrôle plus efficace que les applications foliaires. Par ailleurs, selon les conditions climatiques et la densité des plantes, ces résultats pourraient être expliqués d'une part, par une faible diffusion de l'Imidaclopride (Sayeda, 2007) et d'autre part, par le grand potentiel de reproduction des populations de *Liriomyza* mais également leur capacité à exploiter une large gamme de plantes hôtes (Parrella & Keil, 1984).

Contre la noctuelle (*H. armigera*), il apparaît que c'est le Chlorpyriphos-éthyl aux doses conseillée et double (T3Cl et T2Cl) qui réduit les populations du ravageur (figure 10). Ces résultats corroborent ceux de Vaissayre (1983) en Côte-d'Ivoire qui stipule une sensibilité de la noctuelle au Chlorpyriphos-éthyl. Toutes fois, ils diffèrent avec ceux de Goebel (1990) qui révèlent une faible toxicité du Chlorpyriphos-éthyl sur *H. armigera* comparé avec la Cyperméthrine et le Méthyl-parathion. Par contre, le nombre de dégâts élevés notés dans les parcelles traitées avec l'Imidaclopride montre que l'application foliaire du produit ne semble pas bien contrôler ce ravageur, ce qui est en phase Sayada (2007) en France. Selon Ahmad *et al.* (2013) et Nareshkumar *et al.* (2018), l'Imidaclopride affecte la survie des stades immatures de *Helicoverpa*, sa fécondité, sa reproduction et la survie des femelles. Cependant, dans cette présente étude, l'inefficacité de ce produit pourrait être due à la polyphagie, la mobilité et/ou à une échappe du ravageur à la pression de l'insecticide car ayant plusieurs plantes hôtes.

Les différentes doses du produit du Chlorpyriphos-éthyl ainsi que les doses conseillée et double de l'Imidaclopride (T3Co et T2Co) se sont révélées efficaces contre la mouche blanche *B. tabaci* (tableau 7). Toutefois, il y a aucune différence significative entre les différents traitements. Les résultats obtenus avec le Chlorpyriphos-éthyl sont en phase avec ceux de Seck (2018) sur l'évaluation de l'efficacité de ce produit sur les aleurodes à la station expérimentale de Cambérène (Sénégal) et ceux de Renou & Chenet (1989) au Cameroun. Ces derniers affirment que cette matière active paraît intéressante pour contrôler la mouche blanche *B. tabaci*. Et ceux obtenus avec le produit à base de l'Imidaclopride corroborent les résultats de Schuster & Morriss II (2002) en Floride. Ainsi, selon ces derniers et Stuart (2015), l'efficacité des néonicotinoïdes sur les piqueurs-suceurs est due à leurs excellentes propriétés de contact et leur activité systémique. D'autres part, Schuster & Morriss II (2002) affirme que l'application de l'Imidaclopride au sol fournit un contrôle plus efficace des aleurodes de la tomate que les applications foliaires.

L'efficacité du produit à base du Chlorpyriphos-éthyl contre les punaises paraît très faible car seule la double dose T2Cl semble avoir un effet insecticide contre ces derniers (tableau 7). Ces résultats confirment ceux de Tugwell *et al.*, (2017) en laboratoire en Suisse ravageur. Ainsi, ils affirment que sur la punaise *Nezara viridula*, le Chlorpyriphos-éthyl s'avère peu actif aux doses homologuées. Pour Kiruthiga & Durairaj (2018), l'efficacité des insecticides sur les populations des punaises phytophages dépend de leur portée sur ces derniers. Dans cette présente étude, les résultats révèlent que le nombre de dégâts/plant diminue avec l'augmentation de la dose. Les faibles dégâts notés dans les parcelles traitées avec l'Imidaclopride sont en phase avec ceux de Shehawy & Qari (2019) en Egypte.

Par ailleurs, comparés aux témoins, aucun des produits testés ne s'est avéré efficace contre les acariens ravageurs de la tomate. Ce manque d'efficacité pourrait s'expliquer par la densité importante et croissantes des acariens durant l'essai mais aussi par une faible activité acaricide des produits. En effet, Migeon (2005, 2007) et Gilli *et al.* (2015) stipulent que le contrôle des acariens en culture de tomate demeure difficile. Ceci, en raison de leurs fortes concentrations notées en milieu naturel, leur dispersion facilitée par les adventices et une faible pression sanitaire qui leur est exercée. Alors que, dans le cas de cette étude, il était difficile d'éliminer les adventices au moment avancé de la culture en raison de l'absence de tuteurage des plantes. Les dégâts acariens les plus importants ont été notés dans les parcelles traitées avec la dose double du Chlorpyriphos-éthyl (T2Cl), ce qui corrobore les propos de Migeon (2007) qui avance que les acariens occasionnent le plus de dégâts sur la tomate en Afrique et au Brésil.

En plus, il affirme que ces ravageurs seraient résistants aux organophosphorés. Par contre, les faibles dégâts enregistrés dans les parcelles témoins non traitées (T0) et traitées pourraient être dû à l'action des prédateurs naturels car les ravageurs auraient acquis une résistance à certains pesticides comme la Deltaméthrine largement utilisé dans la zone de Niayes. En outre, selon Boinahadji & Kebe (2020), dans cette zone, plus de 91,7% des producteurs traitent leurs cultures exclusivement avec les pesticides. Ainsi, selon Ferrero (2009) le meilleur moyen de contrôle des acariens reste l'utilisation de prédateurs naturels notamment des coccinellidés et des acariens (*Phytoseilus spp*). Force est de constater que, à part sur *H. armigera*, les dégâts obtenus avec les deux témoins sont presque similaires pour les autres ravageurs ce qui laisse à croire que ces derniers auraient acquis une résistance au témoin Deltaméthrine qui est largement utilisé dans cette zone contre ces ravageurs.

Quant à la productivité, les résultats obtenus n'ont montré aucune différence significative sur les rendements en fruits commercialisables. Toutefois, les rendements les plus importants ont été obtenu avec les traitements T4 (témoin traité), T3Co (dose conseillée de l'Imidaclopride) et T1Cl (demi-dose du Chlorpyriphos-éthyl). Ces résultats seraient dû aux faibles à moyens dégâts des piqueurs-suceurs (aleurodes et punaises), de *H. armigera*, des acariens ainsi que le taux de dégâts faible observé au niveau des fruits. Cependant, le rendement commercialisable le plus faible a été obtenu au niveau des parcelles traitées avec la double dose T2Cl du Chlorpyriphos-éthyl. Toutefois, cette dose n'ayant pas eu d'effets acaricides, a été généralement efficace contre les insectes ravageurs. Ceci pourrait être dû à l'inefficacité de ce produit contre les acariens ravageurs car selon Migeon (2007), les acariens peuvent provoquer des pertes de rendements en tomate d'environ 90% en Afrique (Zimbabwe). Ce faible rendement pourrait aussi être dû aux brûlures (nécroses) des feuilles et/ou la chute de certaines fleurs notées sur les plantes traitées avec le Chlorpyriphos-éthyl (surtout avec la double dose T2Cl) environ 48 h après application. D'autant plus que les plantes de ces parcelles avaient une faible croissance végétative. De la même façon, des chercheurs américains dirigée par Jennifer Fox, ont montré, à l'issue de plusieurs années d'études *in vitro* et *in vivo*, que les pesticides peuvent réduire la croissance des plantes en perturbant leurs processus physiologiques et biochimiques et en rendant en partie inutile l'apport de fertilisants (Dumas, 2007). Ce qui pourrait ainsi expliquer les rendements faibles enregistré. Le Chlorpyriphos-éthyl à cette dose réduirait ainsi efficacement les ravageurs de la tomate tout en agissant négativement sur les auxiliaires et les pollinisateurs. Le taux de perte élevé noté dans parcelles traitées avec la dose T1Co serait lié aux dégâts de *H. armigera* au niveau des organes fructifères.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude menée à la station de Recherches de l'ISRA/CDH de Sangalkam, a été faite dans le but de contribuer à l'amélioration de la productivité de la tomate à travers l'utilisation de produits phytosanitaires efficaces et moins dangereux pour la santé humaine et l'environnement. Ainsi, pour une éventuelle homologation, de nouvelles formulations à base de Chlorpyrifos-éthyl 480 g/L (Clorsban) et d'Imidaclopride 200 g/L (Confida) ont été soumises à des tests d'efficacité sur des insectes (*T. absoluta*, *Liriomyza sp*, *H. Helicoverpa*, *B. tabaci* et punaises) et acariens ravageurs. Trois doses (T3 = dose conseillée ou recommandée ; T1 = sa demi-dose et T2 = sa dose double) de ces produits ont été testées en comparaison avec la Deltaméthrine (dose T4 = produit de référence).

L'évaluation de l'efficacité des produits testés sur les dégâts foliaires des ravageurs a montré que le Chlorpyrifos-éthyl 480 g/L est plus efficace contre *T. absoluta*, *Liriomyza sp*, *H. armigera*, *Bemisia tabaci* (mouche blanche ou aleurode) et les punaises en comparaison aux deux témoins. La dose double (T2Cl) s'est révélée plus efficace. Cependant, à part sur *T. absoluta*, il n'y a aucune différence significative entre les traitements sur les dégâts de ces ravageurs. Par ailleurs, l'Imidaclopride 200 g/L n'est efficace que sur *B. Tabaci* et les punaises en comparaison aux témoins. Ainsi, c'est sa dose recommandée (T3Co) qui donne le meilleur effet insecticide. Cependant, aucun des produits testés ne s'est montré efficace contre les dégâts des acariens (en comparaison aux témoins). Ces dégâts sont presque similaires dans les parcelles témoins (témoin traité avec le Décis et témoin non traité).

D'après les résultats, aucune différence significative n'a été notée entre les traitements sur le rendement économique. Toutefois, le produit de référence (T4) et la dose recommandée de l'Imidaclopride 200 g/L assurent le meilleur rendement en fruits de tomate commercialisables avec environ 20 tonnes à l'hectare.

En perspectives, il serait intéressant de :

-  mener une étude de laboratoire, afin de déterminer l'effet direct des produits sur ces ravageurs ;
-  évaluer l'efficacité des produit sur ces ravageur en milieu paysan ;
-  réévaluer la teneur des matières actives ainsi que les impuretés dans les trois formulations ;
-  déterminer l'impact de ces produits sur les ravageurs et les rendements de la tomate en comparaison avec un contrôle agroécologique et/ou biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbayes H.D., Chadefaud M. al., Ferré Y. de, Feldmann J., Gaussen H., Grasse P.P., Leredde M.C., Ozenda P., Prevot A.R. (1963)** – Botanique ; anatomie, cycles évolutifs systématique. *Ed. Masson, Paris, Sciences*, **142**,1647.
- Abdelhamid G. (2011)** – Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lep. : Gelechiidae) Dynamique des populations de *T.absoluta* sur tomate sous serre. Efficacité de deux bio-insecticides. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Université Abdelhammid Ibn Badis de Mostaganem., 87.
- Abbes K., Harbi A., Chermiti B. (2012)** – Comparative study of 2 protection strategies against *Tuta absoluta* (Meyrick) in late open field tomato crops in Tunisia. *EPPO Bulletin*, **42**, 297–304.
- Ahmad S., Ansari M.S., Ahmad N. (2013)** – Acute toxicity and sublethal effects of the neonicotinoid imidacloprid on the fitness of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, **33**, 264–275.
- Aminou S. (2017)** – La noctuelle (*Helicoverpa Armigera*) : une menace sérieuse pour la culture de la tomate au Niger. Centre pour la Sécurité Alimentaire (CSAN), Niger, **1**, 3.
- Andermatt (2019)** – Guide de reconnaissance des ravageurs : noctuelle de la tomate et noctuelle méditerranéenne.
<<https://www.andermatt.fr/img/cms/Guide%20Reconnaissance%20ravageurs/Noctuelle-tomate-noctucelle-mediterraneenne-andermatt-france.pdf>> (Consulté le 30/09/2019).
- Anonyme (2019)** – Aperçu de l'agriculture sénégalaise. *Au Sénégal.com, le cœur du Sénégal*.
<<https://www.au-senegal.com/l-agriculture-senegalaise,359.html>> (Consulté le 30/09/2019).
- Anonyme (1992)** – Flash-informations diététique : la tomate. Extrait du Bulletin n°8-1992 de l'Agence pour la Recherche et l'information en fruits frais. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, **7**, 3.
- Anonyme (2018)** – La production de tomate dans le monde. *AgriMaroc.ma*.
<<http://www.agrimaroc.ma/production-tomate-monde/>> (Consulté le 06/12/2019).
- Anonyme (2016)** – La punaise verte du soja, *Nezara viridula*. *Laboratoire d'agroécologie et systèmes horticoles*, 1.
- Anonyme (2014)** – Moyens de lutte contre les maladies et les ravageurs. *Leefmilieu.brussels.*, 6.<https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/moyens_de_lutte_contre_les_maladies_et_les_ravageurs.pdf> (Consulté le 02/10/2019).

- Anonyme (2016)** – Protocoles de diagnostic pour les organismes nuisibles réglementés 16 : Genre *Liriomyza*. Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (CIPV) Rome, Italie., 38.
- ANSD (2013)** – Rapport définitif RGPHAE, Chapitre XII : Agriculture. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie., 30.
- ANSES (2014)** – Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché pour les préparations Dursban Delta et Dursbel Delta à base de Chlorpyriphos-éthyl, de la société Dow AgroSciences S.A.S. *Anses*, France, **2009-0484**, 43.
- Ashley J.M. (2016)** – Prevention of Future Food Insecurity. In: Food Security in the Developing World, pp. 81–140. Ed. Elsevier. San Diego: *Academic Press*. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801594-0.00005-1>> (Consulté le 28/03/2019).
- Barjon F., Fogliani V. (2016)** – Perfectionnement 2 SM2 - Gestion et maîtrise des maladies et ravageurs. Direction du Développement Rural de la province Sud., 66.
- Barrientos R. (1997)** – Determinación de la constante térmica de desarrollo para la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis (Mg Sc). Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago., 44.
- Bénard C. (2009)** – Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse mention Sciences Agronomiques. Université de Lorraine, France., 265.
- Bendiff A. (2016)** – Étude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol. Mémoire de fin d'études master en Agronomie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Algérie., 112.
- Beniast J. (1987)** – Guide pratique du maraîchage au Sénégal. Centre pour le Développement de l'Horticulture Cambéréne Dakar, Sénégal, **1**, 142.
- Bentancourt C.M., Scatoni I. (1995)** – Lepidopteros de importancia economica : reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. Hemisferio Sur ; Facultad de Agronomía. *Montevideo* (Uruguay), **2**, 437.
- Blancard D. (1988)** – Maladies de la tomate ; observer, identifier, lutter. *Ed. INRA, Paris*, 210.
- Blancard D. (2009)** – Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser. *Ed. Quae, Versailles*, 750.
- Blocaille S., Delval P., Durier M. (2017)** – Focus n° 15 : Protection intégrée contre les ravageurs des cultures annuelles. *Ecophyto, le portail de la protection intégrée des cultures.*, 13.

- Boinahadji A.K., Kebe (2020)** – Rapport d'enquête sur la reconnaissance et la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères par les producteurs de la zone des Niayes. Rapport d'enquête, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal., 24
- Bonato O., Lurette A., Vidal C., Fargues J. (2007)** – Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). *Physiological Entomology*, **32**, 50–55.
- Bourdouxhe L. (1982)** – Dynamique des populations des principaux ravageurs des cultures maraichères au Sénégal : liste des insectes ravageurs des cultures maraichères. Centre pour le Développement de l'Horticulture Cambéréne Dakar, Sénégal., 136.
- Bovey R. (1972)** – La défense des plantes cultivées : traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole. 6^{ème} éd. *Lausanne, Payot*, 863.
- Burgess E. (1880)** – The clover Oscinis (*Oscinis trifolii*, Burgess n. sp.). *United States Department of Agriculture, Report*, **1879**, 200–201.
- Camara M., Mbaye A.A., Samba S.A.N., Gueye T., Noba K., Diao S. (2013)** – Evaluation de la virose du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sur divers cultivars au Sénégal. *African Journal of Science and Technology*, **12**(2), 91-98.
- Camara M., Mbaye A., Samba S., Gueye T., Noba K., Diao S., Cilas C. (2014)** – Etude de la productivité et de la sensibilité de diverses variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) à la virose du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(6), 10.
- Carretier D. (2019)** – Bulletin de santé du végétal maraichage. *Languedoc-Roussillon*, **12**, 14.
- Céspedes M.C., Cárdenas M.E., Vargas A.M., Rojas A., Morales J.G., Jiménez P., Bernal A.J., Restrepo S. (2013)** – Physiological and molecular characterization of *Phytophthora infestans* isolates from the Central Colombian Andean Region. *Revista iberoamericana de micología*, **30**(2), 81–87.
- Chaux C., Foury C. (1994)** – Productions légumières : Légumineuses potagères. Légumes fruits. Collection Agriculture d'aujourd'hui Sciences, Techniques applications. *Lavoisier-Tec-doc*. Paris, **3**(3), 145-231.
- Choudourou D., Agbaka A., Adjakpa J., Koutchika R., Adjalian E. (2012)** – Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(4), 7.

- Cissé I., Tandia A.A., Fall S.T., Diop E.H.S. (2003)** – Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers Agricultures*, **12**(3), 181–186.
- Collavino M.D., Giménez R.A. (2008)** – Efecto del Imidacloprid en el control de la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick). *Idesia (Arica)*, **26**(1), 65.
- Coly E.V. (1984)** – La Mouche Mineuse des Cultures Maraîchères *Liriomyza.trifolii* Burgess au Sénégal. Centre pour le Développement de l'Horticulture Cambéréne Dakar., 35.
- Coomans D.A., Gaugler D.R., Sharma D.S.B., Ahmad D.Z. (2012)** – Trends in Biosciences. *A Quarterly International Journal*, **5**(3), 95.
- Courchinoux J. (2008)** – La culture de la tomate. *Agri-conseil*, France., 8.
- CSAN (2017)** – Les mouches mineuses (*Liriomyza spp.*) : des redoutables ravageurs du céleri au Niger. Centre pour la Sécurité Alimentaire Niger (CSAN), *Vegnote.*, **1**, 3.
- Dante (2017)** – La tomate (*Lycopersicum esculantum*). Books of Dante : l'esprit libre en toute chose. <<https://booksofdante.wordpress.com/2017/07/18/la-tomate-lycopersicum-esculentum/>> (Consulté le 23/05/2019).
- David-Benz H. (2003)** – Vallée du fleuve Sénégal. Opportunités et contraintes de marché des cultures de diversification. *PHM-Revue horticole, Le Maraîcher*, 20–22.
- Davis R.M., Menge J.A. (1980)** – Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Phytophthora* root rot of citrus. *Phytopathology*, **70**, 447–452.
- Desmas S. (2005)** – Analyse comparative de compétitivité : le cas de la filière tomate dans le contexte euro-méditerranéen. Mémoire de Fin d'Etudes : Agronomie Approfondie. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, France., 75.
- Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K.A., Burgio G., Arpaia S., Narváez-Vasquez C.A., González-Cabrera J., Ruescas D.C., Tabone E., Frandon J. (2010)** – Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of pest science*, **83**, 197–215.
- De Souza J.C., Reis P.R. (1986)** – Controle da traça-do-tomateiro em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **21**(4), 343–354.
- Dhillon M.K., Sharma H.C. (2010)** – Influence of seed treatment and abiotic factors on damage to Bt and non- Bt cotton genotypes by the serpentine leaf miner *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, **30**(3), 127–131.
- Diarra A., Diallo B. (2017)** – Mise en œuvre des politiques régionales sur les pesticides en Afrique de l'Ouest : Rapport de l'étude de Cas au Sénégal (No. 1879-2017-5326), 72.

- Diatte M., Brevault T., Sall-Sy D., Diarra K. (2018)** – Dynamique des parasitoïdes larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **12**, 392.
- Diouf M.M. (2016)** – La tomate industrielle du Sénégal : une filière en danger. Bulletin d'analyse économique. Centre de Gestion et d'Economie Rurale de la vallée, Saint-Louis, Sénégal., 17.
- Dow AgroSciences (2017)** – Fiche de données de sécurité conformément à la réglementation (EU) N° 2015/830 Dursban™ 480 Insecticide. *Dow-Agrosciences, Belgium Branch.*, 21.
- Dow AgroSciences (2016)** – Lorsban™ NT Insecticide. *Dow AgroSciences Canada Inc. Calgary, Alberta.*, 21.
- Dumas C. (2007)** – Les pesticides ralentiraient la croissance des plantes. *Sciences et Avenir*. <https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/les-pesticides-ralentiraient-la-croissance-des-plantes_3875.amp> (Consulté le 02 décembre 2020).
- DuPont Solutions (2010)** – Gestion des nématodes en productions végétales. *Colophon, Nematode Management Action Plan.*, 62.
- Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N. (2007)** – Botrytis spp. and Diseases They Cause in Agricultural Systems – An Introduction. In: *Botrytis: Biology, Pathology and Control* (eds Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N), *Springer Netherlands, Dordrecht*, 1–8.
- Fall C.A. (2012)** – Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal. Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rurale, Sénégal., 212.
- Fall A.A., David-Benz H., Huat J., Wade, I. (2014)** – Tomate locale et production de concentrés : la force des contrats entre paysans et industrie. *Duteurtre G., Faye MD, Dieye PN (Dir.)*, 19.
- Faye A. (2018)** – Climat et agriculture au Sénégal : Analyse économique de la disponibilité de l'eau d'irrigation dans un contexte de variabilité des précipitations dans les Niayes. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université Cheikh Anta Diop., 217.
- Fernandez S., Montagne A. (1990)** – Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). *Bol. Entomol. Venez*, **5**, 89–99.
- Ferrero M. (2009)** – Le système tritrophique tomate-tétranyques Tisserands-*Phytoseiulus longipes*, Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse de Doctorat, Montpellier SupAgro, France., 237.

- Gallais A., Bannerot H. (1992)** – Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. *Editions Quae*, 768.
- Gilli C., Fleury Y., Fischer S. (2015)** – Essai de lutte contre les acariens sur tomates. *Plantes Agrosopes*, **24**, 4.
- Goebel R. (1990)** – Evaluation du niveau de sensibilité d'*Heliothis armigera* Hbn., déprédateur de la capsule du cotonnier, aux associations Cyperméthrine-Chlorpyrifos et Cyperméthrine-Méthylparathion. Etude des interactions possibles entre ces insecticides. *Coton et Fibres Tropicales*, **45**(2), 7.
- Guenaoui Y., Ghellamallah A. (2008)** – *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Nouveau ravageur de la tomate en Algérie premières données sur sa biologie en fonction de la température. AFPP-8^{ème} Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, SupAgro Montpellier, 654-651.
- Hadjer T.Z. (2013)** – Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivée en serres dans l'Est Algérien. Mémoire de Magister en Biologie Appliquée : Microbiologie Appliquée. Université Constantine-1, Algérie., 89.
- Hamidouche O., Boulhout S. (2013)** – Contribution au suivi phytosanitaire des cultures de tomate sous serre à la wilaya de Tipaza. Mémoire de master : Ecologie Microbienne et Environnement. Université Abderrahmane MIRA, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie., 72.
- Hamza A.A. (2010)** – Taxonomie et diagnostic des espèces de *Xanthomonas* associées à la gale bactérienne de la tomate et des Capsicum spp. : situation dans les îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien. Thèse de doctorat : Microbiologie spécialité Phytopathologie. Université de la Réunion., 262.
- Haougui A., Bibata A.O., Kimba A., Delmas P., Madougou G., Salissou O. (2019)** – Note sur la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) pour la radio. *Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger.*, 3.
- Haougui A., Kimba A., Delmas P., Basso A. (2017)** – Gestion intégrée des principaux ravageurs et maladies des cultures maraîchères au Niger Document technique : la protection de la tomate. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Niger., 26.
- Harizanova V., Stoeva A., Mohamedova M. (2009)** – Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: gelechiidae) – first record in Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*, **1**(3), 95–98.

- Ikhlef Y., Mohamed M. (2017)** – Effet bio-insecticide de l'extrait hydro-alcoolique de la menthe et le purin de l'ortie in vivo sur la mineuse de tomate *Tuta absoluta*. Mémoire de fin d'étude en Agronomie : Protection des Cultures. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie., 85.
- James B., Atcha-Ahowé C., Godonou I., Baimey H., Goergen G., Sikirou R., Toko M. (2010)** – Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. *Institut International d'Agriculture Tropical (IITA)*, Ibadan, Nigeria, 120.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P. (2002)** – Botanique systématique : une perspective phylogénétique. 3^{ème} éd., *De Boeck Supérieur*, 467.
- Kane I.K. (2016)** – Effet d'une nouvelle formulation (Arsenal à base de Profénofos) sur les populations d'insectes et d'acariens ravageurs de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) dans la zone des Niayes (Sénégal). Mémoire de master, Biologie Végétale. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal., 59.
- Kaouthar L.G., Manel S., Mouna M., Ridha B. (2011)** – Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie. *Faunistic Entomology*, **63**(3), 125–132.
- Kinet J.-M., Sachs R.M., Bernier G. (1985)** – The physiology of flowering. *CRC Press, Boca Raton, Fla*, **3**, 25-27.
- Kiruthiga G., Durairaj C. (2018)** – Toxicity of Conventional Insecticides against Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* L. in Green gram, *Vigna radiata* L. *Madras Agricultural Journal*, **105**(4-6), 191
- Kolia Y.P.M. (2015)** – Analyse des résidus de pesticides dans les produits maraichers sur le site du barrage de Loumbila au Burkina Faso : Evaluation et quantification des impacts sur la santé. Mémoire en Ingénierie de l'Eau et de l'Assainissement. Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne., 78.
- Labeled Lakhdar W.E., Bentamra Z. (2018)** – Etude technique du palissage des cultures protégées : Cas de la tomate. Mémoire de fin d'étude, master en Agronomie : Amélioration Production Végétale. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie., 72.
- Lachachi S. (2010)** – Organogénèse et embryogénèse somatique directe chez la tomate. Mémoire de Magister en Amélioration des Plantes. Université d'Oran, Algérie., 117.

- Laetitia L. (2007)** – Rôles des modifications de la microflore bactérienne et de l'exsudation racinaire de la tomate par la symbiose mycorhizienne dans le biocontrôle sur le *Phytophthora nicotianae*. Thèse de Doctorat en Science Biologique. Université de Montréal, Canada., 292.
- 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. *INRA-Station d'amélioration des plantes maraîchères. MontFavet-France, BP*, 94–84143.
- Lebeau A. (2012)** – Résistance de la tomate, l'aubergine et le piment à *Ralstonia solanacearum* : interactions entre les géniteurs de résistance et la diversité bactérienne, caractérisation et cartographie des facteurs génétiques impliqués chez l'aubergine. Thèse de Doctorat : Interactions plante-microorganisme. Université de la Réunion., 227.
- López E. (1991)** – Polilla del tomate : Problema crítico para la rentabilidad del cultivo de verano. *Empresa y Avance Agrícola*, **1**(5), 6–7.
- McGregor E.A. (1914)** – The serpentine leafminer on cotton. *Journal of Economic Entomology*, **7**, 227–454.
- Messiaen C.-M., Blancard D., Rouxel F. (1991)** – Les maladies des plantes maraîchères, 3^{ème} éd. *Editions Quae*, 522.
- Metty T. (2010)** – Évaluation de l'impact d'une bordure de maïs sur les populations d'*Helicoverpa zea* et de *Bemisia tabaci* sur une culture de tomate. Master en Sciences et Technologies : Ecosystèmes naturels et exploités. Université des Antilles et de la Guyane., 51.
- Migeon A. (2005)** – Un nouvel acarien ravageur en France : *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard. *Phytoma, la défense des végétaux*, **579**, 6.
- Migeon A. (2007)** – Acarien rouge de la tomate nouvelles observations et perspectives. *PHM-Revue horticole, le Maraicher*, **448**, 20–24.
- Monedji A., Nyamador W., Amevoin K., Adéoti R., Abbey G., Ketoh G., Glitho I. (2015)** – Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères au Sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**, 98.

- Naika S., Lidt de Jeude J. van, De Goffau M., Hilmi M., Dam B. van (2005)** – Agrodok 17 La culture des tomates production, transformation et commercialisation. *Fondation Agromisa et CTA*, Université de Wageningen Pays-Bas, **2(2)**, 106.
- Nareshkumar B., Akbar S.M., Sharma H.C., Jayalakshmi S.K., Sreeramulu K. (2018)** – Imidacloprid impeded mitochondrial function and induces oxidative stress in cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* larvae (Hubner: Noctuidae). *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, **50**, 21–32.
- Ndao M. (2012)** – Dynamiques et gestion environnementale de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès et Saint-Louis). PhD Thesis. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II., 372.
- Ndiaye A. (2013)** – Mesures de quarantaine et actions de contrôle de *Tuta absoluta* au Sénégal. Rapport de la Direction de la Protection des Végétaux, Dakar, Sénégal., 28.
- Nibouche S. (1994)** – Cycle évolutif de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) dans l'Ouest du Burkina Faso : biologie, écologie et variabilité géographique des populations. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier., 152.
- Nzi J., Kouamé C., N'guetta A., Fondio L., Djidji A., Sangare A. (2010)** – Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. selon les variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) au Centre de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, **7(1)**, 10.
- Ouali-N'Goran S.-W.M., Yao K.P., Kra K.D., Kouassi K.P. (2014)** – Évaluation de l'efficacité de l'insecticide Tricel 480 EC comparée à la Deltaméthrine et à la Cyperméthrine contre les ravageurs du chou (*Brassicaceae* sp. L.) en milieu paysan dans la région de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, **10(1)**, 194-207.
- PADEN (2013)** – Etudes de filières horticoles. Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural. *Rapport définitif du bureau SONED Afrique.*, 54.
- Parrella M.P., Keil C.B. (1984)** – Insect pest management : the lesson of *Liriomyza*. *Bulletin of the ESA*, **30(2)**, 22–25.
- Peralta I.E., Spooner D.M. (2000)** – Classification of wild tomatoes: a review. *Kurtziana*, **28(1)**, 45-54.
- Peralta I.E., Spooner D.M., Knapp S. (2008)** – The taxonomy of tomatoes: a revision of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*) and their outgroup relatives in sections *Juglandifolium* and *Lycopersicoides*. *Syst Bot Monogr*, **84**.

- Pereyra P.C., Sánchez N.E. (2006)** – Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, **35**(5), 671–676.
- Pfeiffer D.G., Muniappan R., Sall D., Diatta P., Diongue A., Dieng E.O. (2013)** – First record of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Senegal. *Florida Entomologist*, **96**, 661–663.
- Pierre P., Gard B., Clerc H., Ginez A., Verfaille T. (2018)** – Développement et intégration de méthodes innovantes pour la maîtrise des punaises phytophages en cultures de tomate et d'aubergine sous abris. Agence Française pour la Biodiversité. *Sciences Verte*, 35.
- Planetoscope (2019)** – Consommation et production de tomates dans le monde : le marché de la tomate. <https://www.planetoscope.com/fruits-legumes/1266-production-mondiale-de-tomates.html> (Consulté le 06/12/2019).
- Polese J.-M. (2007)** – La culture des tomates. *Ed. Artemis*, Chine, 95.
- PPAAO (2013)** – Fiche conseil pour la matière active : Chlorpyrifos-éthyl (insecticide) Famille : organophosphorés. *Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger.*, 4.
- Pr Raveloson Ravaomanarivo L.H. (2015)** – Manuel pour l'identification et la lutte contre les ravageurs des cultures vivrières. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo., 11.
- RADHORT (2012)** – Techniques de production de semences de tomate au Sénégal. Centre Pour Le Développement De L'horticulture, Cambérène – Dakar-Sénégal., 22.
- Ranc N. (2010)** – Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate ; recherche d'associations gènes/QTL. Thèse de doctorat en Sciences de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier., 275.
- Rázuri V., Vargas E. (1975)** – Biología y comportamiento de *Scrobipalpula absoluta* Meyrick (Lep., Gelechiidae) en tomatera. *Revista Peruana de Entomología*, **18**, 84–89.
- Renou A., Chenet T. (1989)** – Efficacité de matières actives insecticides contre les stades fixés de l'aleurode *Bemisia tabaci* (Genn.) en culture cotonnière au Nord Cameroun, **44**(1), 13.
- Rojas S. (1981)** – Control de la polilla del tomate : enemigos naturales y patógenos. *IPA La Platina*, **8**(1), 18–20.

- Safia C. (2012)** – Spécialité : Sciences Biologiques Option : Ecologie et Biodiversité Animales des Ecosystèmes Continentaux. Mémoire de Magister en Ecologie et Biodiversité Animales des Ecosystèmes Continentaux. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, Algérie., 122.
- Sayeda A. (2007)** – Transfert d'un insecticide systémique, l'imidaclopride, chez la tomate : implication du transport phloémien. Thèse de doctorat en Qualité et Sécurité des Aliments. Institut National Polytechnique de Toulouse., 174.
- Schuster D.J., Morriss II R.F. (2002)** – comparison of imidacloprid and thiamethoxam for control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*, and the leafminer, *Liriomyza trifolii*, on tomato. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, **115**, 9.
- Seck K.B. (2018)** – Evaluation de l'efficacité d'un insecticide binaire (Fanytra 40 DP), à base de Cyperméthrine 20 et de Chlorpyrifos éthyl 20 contre les principaux insectes ravageurs de la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) à la station expérimentale de Cambéréne au Sénégal. Mémoire de master Biologie Végétale. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal., 55.
- Sène S., Diouf A.F., Bah M., Ndiaye B., Dieng M., Gueye E.H.M., Diatta A.F. (2012)** – Situation économique et sociale du Sénégal en 2012. Chapitre IX : Agriculture. *Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD)*., 9.
- Shehawy A., Qari S. (2019)** – Comparative Efficacy of Imidacloprid as Seed Treatment Insecticide against Sucking Insects and their Predators in the Wheat Crop. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, **12**(5), 23–34.
- Snoussi S.A. (2010)** – Etude de base sur la Tomate en Algérie. Rapport de mission : Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome., 52.
- Sofia C.S.B., Céline D.R., Pierre D., Maud E., Maryam M., Aurore N. (2010)** – Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de la collection "Luc Fichot". Centre Technique Horticole de Gembloux. *Phytotechnie tropicale et horticulture.*, 105.
- Spooner D.M., Peralta I.E., Knapp S. (2005)** – Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inferences in wild tomatoes (*Solanum L. section Lycopersicon* Mill). *Wettst. Taxon*, **54**(1), 43-61.
- Stoll G., Wink M., Schmeller T., Latz-Brüning B. (2000)** – Nematicides. David J. Chitwood. *Pest Management Science*, **56**, 649–723.
- Stuart T. (2015)** – Examen d'essais pratiques sur les techniques de lutte contre les punaises de lit. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique., 14.

- Tendeng E., Labou B., Djiba S., Diarra K. (2017)** – Actualisation de l'entomofaune des cultures maraîchères en Basse Casamance (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11**(3), 1023–1028.
- Tsafack-Menessong N. (2014)** – Abondance et origine trophique de la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) dans les paysages ruraux de production cotonnière au Nord Bénin. Thèse de doctorat en Agroécosystèmes, Ecosystèmes et Environnement. Université de Toulouse., 205.
- Tugwell J., Fischer S., Fleury D. (2017)** – Effets de contact de quatre insecticides sur les punaises phytophages *Halyomorpha halys* et *Nezara viridula*. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **49**(3), 188–193.
- Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia-Mari F., Porcuna J.L. (2007)** – La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma Espana*, **194**, 16–23.
- Vaissayre M. (1983)** – L'association pyréthriinoïde-organophosphoré pour la protection des cultures cotonnières: choix des proportions les plus efficaces. *Coton et Fibres Tropicales*, 5.
- Vargas H. (1970)** – Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae). *Idesia*, 110.
- Yang T.-C., Chi H. (2006)** – Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, **99**(3), 691–698.
- Yildirim E.M., Civelek H.S. (2010)** – Effects of different insect growth regulators (IGR) on the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, **19**(11), 2562–2566.