

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ANOVA : Analysis of variance

BV : Biologie Végétale

CMV : Cucumber Mosaic Virus

CSP : Comité Sahélien des Pesticides

CDH : Centre pour le Développement de l'Horticulture

FST : Faculté des Sciences et Techniques

FRAC : Fungicide Resistance Action Committee

FAO : Food and Agriculture Organization

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IS : Indice de sévérité

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

NDVI : Indice De Végétation Normalisé

N.P.K : Azote, Phosphore, Potassium

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PDA : Potato Dextrose agar

PepMV : Pepino Mosaic Virus

PPV : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

TICV : Tomato Infectious Chlorosis Virus

TMV : Tobacco Mosaic Virus

TSWV : Tomato Spotted Wilt Virus

TYLCV : Tomato Yellow Leaf Curl Virus

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

WG : Granulés dispersables

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Cycle biologique de la tomate (www.google.sn) | 8 |
| Figure 2 : Blastospores d' <i>Alternaria solani</i> (www.google.sn)..... | 19 |
| Figure 3 : Cycle biologique de l'alternariose sur les solanacées (tomate) (www.google.sn)..... | 20 |
| Figure 4 : Situation géographique de la station de recherche ISRA-CDH de Sangalkam (Ndao, 2019) | 26 |
| Figure 5 : Structure chimique du mancozèbe | 27 |
| Figure 6 : Structure chimique de l'azoxystrobine..... | 28 |
| Figure 7 : Dispositif expérimental | 30 |
| Figure 8 : Echantillonnage au niveau des plants disposés en quinconce dans une parcelle élémentaire | 33 |
| Figure 9 : Incidence de l'alternariose sur les plants de tomate en fonction des traitements..... | 37 |
| Figure 10 : Sévérité moyenne de l'alternariose sur les plants de tomate en fonction des traitements | 38 |
| Figure 11 : Variation de la hauteur moyenne des plants de tomate en fonction des traitements..... | 39 |
| Figure 12 : Variation de la vigueur moyenne des plants de tomates en fonction des traitements..... | 39 |
| Figure 13 : Variation des rendements moyens des fruits de tomate en fonction des traitements..... | 40 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Système racinaire d'un plant de tomate..... | 4 |
| Photo 2 : Forme et disposition des feuilles d'un plant de tomate (Koné, 2020)..... | 5 |
| Photo 3 : Plant de tomate avec des fleurs (Koné, 2020) | 5 |
| Photo 4 : Fruits de tomate (Koné, 2020)..... | 6 |
| Photo 5 : Graines de tomate | 6 |
| Photo 6 : Colonies d'Alternaria après 5 jours d'incubation (Seye, 2019) | 19 |
| Photo 7 : Pépinière de tomate | 28 |
| Photo 8 : Préparation des parcelles élémentaires | 29 |
| Photo 9 : Plants de tomate tuteurés | 30 |
| Photo 10 : Parcelle de tomate après sarclo-binage..... | 31 |
| Photo 11 : Mancozèbe 800g (témoin) | 32 |
| Photo 12 : Mesure de la hauteur des plants de tomates | 34 |
| Photo 13 : Appareil de mesure de la vigueur (GreenSeeker)..... | 34 |

LISTE DES PLANCHES

| | |
|--|----|
| planche 1 : Symptômes d'alternariose (Koné, 2020)..... | 22 |
| Planche 2 : Symptômes d'alternariose sur plant de tomate au terrain | 36 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Exigence de la plante en température (Bendiff, 2016a). | 10 |
| Tableau 2 : Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)..... | 13 |
| Tableau 3 : Les maladies virales de la tomates (Snoussi, 2010) | 14 |
| Tableau 4: Les ravageurs de la tomate (Ziri, 2011)..... | 15 |
| Tableau 5 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Naika et al., 2005c)..... | 16 |
| Tableau 6 : Différents fongicides efficaces sur l’alternariose (Mouzaoui, 2018). | 24 |
| Tableau 7 : Différents types de sols dans la zone des Niayes (Sangalkam) (Ndiaye et al., 2012)..... | 25 |

RESUME

La tomate (*Solanum lycopersicum* L) est l'espèce légumière la plus cultivée en Afrique. Riche en valeur nutritive, elle est la base de nombreux mets traditionnels. Mais sa culture est compromise par de nombreux bio-agresseurs tels que les champignons appartenant au genre *Alternaria* (*Alternaria solani*), responsable de l'alternariose chez cette solanacée et la plupart des méthodes de lutte utilisées pour remédier à ce problème présentent des limites.

Ainsi, la nécessité de mettre au point une méthode de lutte chimique efficace a orienté notre étude vers le développement d'une formulation à large spectre d'action (GLORY 75 WG) associant le mancozèbe 70% à l'azoxystrobine 5%. Un dispositif en bloc Fisher randomisé, constitué de 5 traitements avec 4 répétitions, a été utilisé pour évaluer l'impact des différentes doses (T2 = dose inférieure avec 1g/l ; T3 = dose recommandée avec 2g/l ; T4 = dose supérieure 3g/l) de GLORY 75 WG et du témoin de référence mancozèbe 80% (T1 = 2,5g/l) sur les paramètres phytopathologies (incidence et sévérité de l'alternariose) et sur les paramètres agronomiques (hauteur, vigueur et rendement des plants).

Les résultats obtenus révèlent une efficacité satisfaisante de l'association du mancozèbe 70% à l'azoxystrobine 5%, comparativement au produit de référence mancozèbe 80% en ce qui concerne la réduction des dégâts (incidence et sévérité) occasionnés par l'alternariose sur les plants de tomate. Ainsi, la dose recommandée (T3) s'est révélée la plus apte à réduire les symptômes, occasionnant moins de perte durant la culture, favorisant donc un meilleur rendement. Concernant les paramètres agronomiques, les traitements n'ont pas été significatifs ; néanmoins la hauteur maximale des plants a été atteinte avec la dose supérieure (T4) et les plantes les plus vigoureuses ont été enregistrées au niveau de la dose recommandée (T3).

Cette étude a permis de montrer que le produit GLORY 75 WG a été très efficace sur le champignon (*Alternaria solani*), il pourrait contribuer à l'amélioration de la lutte phytosanitaire contre l'alternariose.

Mots-clés : Tomate (*Solanum lycopersicum*), *Alternaria solani*, GLORY 75 WG (mancozèbe 70% et azoxystrobine 5%).

ABSTRACT

Tomatoes (*Solanum lycopersicum L*) are the most cultivated vegetable species in Africa. Rich in nutritional value it is the basis of many traditional dishes. But this culture is compromised by many bio-aggressors such as fungi of the genus *Alternaria* (*A. solani*) responsible for alternariosis in this solanacea. There are limitations to the control methods used to address this problem.

Thus, the need to develop an effective chemical control method has guided our study towards the development of a broad-spectrum formulation of action associating mancozèbe 70% with azoxystrobin 5% (GLORY 75 WG). A randomized Fisher block device consisting of 5 treatments with 4 repeats was used to assess the impact of different doses (T2-lower dose with 1g/l; Recommended T3-dose with 2g/l; T4-dose higher 3g/l) of GLORY 75 WG and mancozèbe reference control 80% (T1-2.5g/l) on phytopathological parameters (incidence and severity of alternariosis), on agronomic parameters (height, vigour and yield of plants).

The results obtained reveal a satisfactory efficacy of the association of mancozèbe 70% with azoxystrobin 5% compared to the reference product mancozèbe 80% in terms of the reduction of the damage (incidence and severity) caused by alternariosis on tomato plants. Thus, the higher dose (T4) was found to be the most likely to reduce symptoms at best, resulting in less loss during culture. However, the best performance was achieved with the recommended dose (T3). Regarding agronomic parameters, treatments have not been significant but nothing less the maximum height is reached with (T4) and the most vigorous plants are recorded at the recommended dose (T3).

This study showed that the GLORY 75 WG product was very effective on the fungus (*Alternaria solani*) and could contribute to the improvement of phytosanitary control against early blight

Keywords : Tomato (*Solanum lycopersicum*), *Alternaria solani*, GLORY 75 WG (mancozèbe 70% et azoxystrobin 5%).

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-------------|
| DEDICACES | I |
| REMERCIEMENTS | II |
| LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS | III |
| LISTE DES FIGURES | V |
| LISTE DES PHOTOS | VI |
| LISTE DES PLANCHES | VI |
| LISTE DES TABLEAUX..... | VII |
| RESUME | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| TABLE DES MATIERES..... | X |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE | 3 |
| 1 GENERALITES SUR LA TOMATE | 3 |
| 1.1 Origine et historique de la tomate | 3 |
| 1.2 Caractéristiques de la tomate | 3 |
| 1.2.1 Taxonomie..... | 3 |
| 1.2.2 Description botanique | 4 |
| 1.2.2.1 Le système racinaire | 4 |
| 1.2.2.2 La tige..... | 4 |
| 1.2.2.3 La feuille | 4 |
| 1.2.2.4 La Fleur..... | 5 |
| 1.2.2.5 Le fruit | 5 |
| 1.2.2.6 Les graines | 6 |
| 1.2.3 Le cycle biologique de la tomate..... | 6 |
| 1.2.3.1 Phase de germination..... | 7 |
| 1.2.3.2 Phase de croissance | 7 |
| 1.2.3.3 Phase de floraison et de pollinisation | 7 |
| 1.2.3.4 Phase de fécondation de nouaison et de fructification..... | 7 |
| 1.2.3.5 Phase de développement et de maturation du fruit | 8 |
| 1.2.4 Composition biochimique | 8 |
| 1.2.5 Ecologie de la tomate | 9 |
| 1.2.5.1 Les exigences édapho-climatiques de la tomate | 9 |
| 1.2.6 Variétés et formes de la tomate | 11 |
| 1.2.6.1 Classification variétale selon le mode de croissance | 12 |
| 1.2.7 Les principaux maladies et ravageurs de la tomate..... | 12 |
| 1.2.7.1 Maladies bactériennes de la tomate..... | 13 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.2.7.2 | Maladies virales de la tomate | 14 |
| 1.2.7.3 | Insectes et ravageurs de la tomate | 15 |
| 1.2.7.4 | Maladies fongiques de la tomate | 16 |
| 2 | GENERALITES SUR L'ALTERNARIA | 18 |
| 2.1 | Classification taxonomique | 18 |
| 2.2 | Morphologie..... | 19 |
| 2.2.1 | Aspect macroscopique..... | 19 |
| 2.2.2 | Aspect microscopique | 19 |
| 2.3 | Cycle infectieux | 20 |
| 2.3.1 | La conservation | 20 |
| 2.3.2 | Pénétration et invasion | 20 |
| 2.3.3 | Sporulation et dissémination | 21 |
| 2.4 | Dégâts | 21 |
| 2.5 | Symptômes..... | 21 |
| 2.6 | La lutte contre l' <i>Alternaria</i> | 22 |
| 2.6.1 | Mesure prophylactique | 22 |
| 2.6.2 | Lutte biologique | 23 |
| 2.6.3 | Lutte chimique..... | 23 |
| | CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES | 25 |
| 1 | MATERIEL | 25 |
| 1.1 | Description du site d'essai | 25 |
| 1.2 | Matériel végétal..... | 26 |
| 1.3 | Matériel de l'essai | 26 |
| 1.4 | Matériel chimique | 27 |
| 2 | METHODE DE L'ESSAI | 28 |
| 2.1 | Conduite de l'essai | 29 |
| 2.1.1 | Dispositif expérimental | 29 |
| 2.1.2 | Entretien de la culture | 30 |
| 2.1.2.1 | Irrigation..... | 31 |
| 2.1.2.2 | Sarclo-binage | 31 |
| 2.1.2.3 | Fertilisation..... | 31 |
| 2.1.2.4 | Traitements phytosanitaires | 31 |
| 2.1.3 | Identification de la maladie (alternariose)..... | 32 |
| 2.1.3.1 | Identification de l'alternariose sur le terrain | 32 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.1.4 | Collecte des données | 33 |
| 2.1.4.1 | Evaluation des paramètres phytosanitaires (incidence et sévérité) de l'alternariose..... | 33 |
| 2.1.4.2 | Evaluation des paramètres agronomiques (hauteur et vigueur) des plants de tomate | 34 |
| 2.1.5 | Rendement des plants..... | 35 |
| 2.1.6 | Analyse des données | 35 |
| CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION | | 36 |
| 1 | RESULTATS | 36 |
| 1.1 | Observation des symptômes de l'alternariose au niveau des plants | 36 |
| 1.2 | Évaluation de l'efficacité de GLORY 75 WG dans le contrôle de l'alternariose sur tomate en station | 36 |
| 1.2.1 | Effets des traitements fongiques sur l'incidence de la maladie (alternariose) dans les parcelles de tomate..... | 36 |
| 1.2.2 | Effets des traitements fongiques sur la sévérité de l'alternariose dans les parcelles de tomate..... | 37 |
| 1.2.3 | Effets des traitements fongiques sur la croissance en hauteur des plants de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) | 38 |
| 1.2.4 | Influence des traitements sur la vigueur des plants de tomate | 39 |
| 1.2.5 | Impact des traitements sur les rendements des fruits de tomate | 40 |
| 2 | DISCUSSION..... | 41 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES..... | | 44 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | | 45 |

INTRODUCTION

Dans le monde, la tomate (*Solanum lycopersicum* L), originaire de l'Amérique du Sud, est le légume le plus prisé dans l'alimentation humaine après la pomme de terre, grâce à ses qualités nutritives (Blancard et al, 2009). Cette espèce de la famille des solanacées se développe sous tous les climats. Avec un cycle court, sa production n'a cessé de croître durant ces dernières décennies. Elle est passée de 89 millions de tonnes en 1998 à 124 millions en 2006 (H.Laterrot, 2013), avant d'atteindre 159,03 millions en 2011 (FAO, 2011).

Au Sénégal, la tomate compte parmi les légumes les plus consommés en occupant 20% des surfaces horticoles. Elle représente 22,53% de la production globale de légumes qui est estimée à 710000 tonnes (ANDS, 2013). Après la crise de 1996-1997 (266 ha avec moins de 10 t/ha), la production de la tomate industrielle est en hausse, de même que les surfaces de culture. Elle est passée de 26700 tonnes en 1997 à 76 000 tonnes en 2005 (Fall *et al.*, 2009). La filière (tomate industrielle) a produit 60873 tonnes, pour la campagne 2018-2019 (Le Quotidien).

Mais, comme toutes les cultures, celle de la tomate est également sujette aux problèmes phytosanitaires, malgré son importance économique. Ces problèmes sont induits par des attaques d'agents pathogènes (champignons, bactéries, virus) (Blancard et al, 2009). Parmi ces pathogènes, *Alternaria solani* occasionne des pertes importantes sur les solanacées. Il est responsable de l'alternariose, qui est l'une des principales maladies foliaires de la tomate. Elle peut affecter toutes les parties de la plante et à tous les stades de son développement (E. Loiseau, 2010). Des spécialistes aux Pays-Bas classent l'alternariose comme la deuxième maladie en importance après le mildiou (Mouzaoui, 2018).

Les moyens de lutte pour contrôler le développement et diminuer l'incidence des bio-agresseurs sur les cultures sont limités. Ils sont basés sur les méthodes biologiques, les méthodes génétiques, les méthodes culturales et les méthodes chimiques. Cependant, les méthodes chimiques occupent une place de choix, car elles permettent d'affaiblir ou de réprimer au mieux l'action de l'agent phytopathogène (Leroux *et al.*, 2002).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, qui a pour but d'évaluer l'efficacité biologique de la double action protectrice (translaminaire et systémique) de l'association de mancozèbe 70% à l'azoxystrobine 5% (GLORY 75 WG) pour le contrôle de l'alternariose de la tomate.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- apprécier l'état sanitaire des plants de tomate après traitement à l'aide des paramètres comme l'incidence et la sévérité de l'alternariose de même que la vigueur et la hauteur des plants ;
- évaluer l'effet des différents traitements sur le rendement des plants de tomate.
- comparer le produit à tester avec le témoin de référence.

Ainsi, pour mener à bien notre travail, une démarche en trois étapes est adoptée :

- étude bibliographique de la tomate (plante hôte) et de l'alternariose causée par *Alternaria solani* (pathogène) ;
- matériel et méthodes de notre essai ;
- résultats et discussions avant de terminer par une conclusion, sans oublier d'ouvrir des perspectives.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Généralités sur la tomate

1.1 Origine et historique de la tomate

La tomate (*Solanum lycopersicum* L), originaire des régions andines en Amérique du sud, est introduite en Europe en 1544 par les conquistadors espagnols avant de gagner le reste du monde (Asie orientale, Moyen orient et Afrique) (Naika *et al.*, 2005a).

Son nom dérive du mot « tomatl » dans le langage nahuatl parlé par les anciens mexicains (Azèque) (Daunay *et al.*, 2008). Selon la localité, différents noms comme « pomodoro » en italien, « pomme d'amour ou tomate » en français, « faanke'e » en chinois et « tomati » en Afrique de l'Ouest lui ont été attribués (Naika *et al.*, 2005b). Auparavant considérée comme un fruit toxique du fait de sa composition en alcaloïde (tomatines et solanines), qui disparaît lors de la maturation (Chaux et Foury, 1994a), la tomate n'était destinée qu'à l'ornementation. Sa consommation dans l'alimentation ne débute qu'au cours du XVIII^e siècle (Kolev, 1976). La première tomate, une forme sauvage, est la tomate cerise (céréiforme) dont dérivent les autres variétés existantes.

1.2 Caractéristiques de la tomate

1.2.1 Taxonomie

Les tomates ont eu plusieurs noms scientifiques au fil des ans, dont *Solanum lycopersicum* et *Lycopersicon esculentum*. Car on pensait qu'elles appartenaient à un genre différent des autres espèces de la famille des Solanacées toxiques dont elles sont issues. Au XVIII^e siècle, une divergence d'idées oppose les botanistes Linné et Philip Miller. En se basant sur leurs caractéristiques visibles, le premier les classe dans le genre *Solanum* et le second les classe dans le genre *Lycopersicum*. Ce n'est que récemment que les informations génétiques ont permis aux taxonomistes de donner raison à Linné (Spooner *et al.*, 2005).

Selon Dupont F et Guignard JL (2012), la taxonomie de la tomate est la suivante :

Règne : Plantae
Sous règne : Trachenobionta
Division : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Sous classe : Asteridae

Ordre : Solonales
Famille : Solanaceae
Genre : *Lycopersicum*
Espèce : *esculentum* ; Miller

1.2.2 Description botanique

La tomate est une plante de la famille des solanacées. Elle est parente à la pomme de terre, à l'aubergine et au poivron. Aromatique lorsqu'on la froisse, c'est une plante maraîchère, annuelle et aux tiges sarmenteuses (Blancard D et *al*, 2009).

1.2.2.1 Le système racinaire

La tomate dispose d'un fort système racinaire fasciculé (photo 1) avec une profondeur d'enracinement pouvant dépasser 50 cm (Naika *et al.*, 2005a). La racine principale génère des ramifications sur ses trente premiers cm (saroumane, 2006).



Photo 1 : Système racinaire d'un plant de tomate

1.2.2.2 La tige

Le port de croissance de la tige de tomate varie entre érigé et prostré. Selon les variétés et le mode de culture, elle présente une taille qui varie de 40 cm à plus de 5 m (Blancard D et *al*, 2009). Elle est poilue, renflée aux entre-nœuds et grimpante. Elle présente deux types de poils : des poils simples et des poils glanduleux (Shankar *et al.*, 2006).

1.2.2.3 La feuille

Les feuilles composées présentent 5 à 7 folioles ovées à oblongues de 3 à 6 cm, couvertes de poils glandulaires et aux bords peu dentés. Les feuilles sont disposées de façon alterne (photo 2) (Shankar *et al.*, 2006).



Photo 2 : Forme et disposition des feuilles d'un plant de tomate (Koné, 2020)

1.2.2.4 La Fleur

La fleur (photo 3), axillaire et hermaphrodite, est l'organe sexuel de la tomate. Elle présente un diamètre de 1,5 à 2 cm. Elle est constituée de corolles jaunes, soudées en forme d'étoile qui constituent les pétales. L'androcée est constitué de 4 étamines, les anthères de couleur jaune vif entourent le style qui présente une extrémité stérile allongée. L'ovaire supère est comprise entre 2 et 9 carpelles (Shankar *et al.*, 2006). Une cyme de 6 à 12 fleurs constitue l'inflorescence. Cette dernière peut être simple ou ramifiée (Bénard, 2009).



Photo 3 : Plant de tomate avec des fleurs (Koné, 2020)

1.2.2.5 Le fruit

Le fruit (photo 4) est une baie à placentation centrale, elle présente un nombre variable de loges carpellaires qui peut être supérieur à 2 selon la variété (B. Bouiadjra, 2017). Il est

charnu, renfermant des graines ou pépins, contrairement à certains cultivars qui présentent un collet vert (Baaziz *et al.*, 2018a).



Photo 4 : Fruits de tomate (Koné, 2020)

1.2.2.6 Les graines

La graine, poilue (photo 5), de couleur beige, mesure 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large et se présente sous forme de rein ou de poire recouverte d'une gangue gélatineuse qui joue un rôle protecteur et l'empêche de germer dans la tomate (Shankar *et al.*, 2006). Selon le nombre d'ovule fécondés, un fruit de tomate peut contenir 50 à 300 graines. Ses graines sont très légères, le poids de 1000 graines fait en moyenne 3 g (Naika *et al.*, 2005a).



Photo 5 : Graines de tomate

1.2.3 Le cycle biologique de la tomate

La durée du cycle végétatif (de la graine à la graine) de la tomate est fonction de la variété et des conditions de culture. Elle s'étend entre 3,5 à 4 mois, du semis jusqu'à la dernière récolte (Blancard D *et al.*, 2009). Ce cycle est constitué de 5 phases (figure 1) : phase de germination,

phase de croissance, phase de floraison et de pollinisation, phase de fécondation de nouaison et de fructification et la phase de développement et de maturation du fruit.

1.2.3.1 Phase de germination

C'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active, elle se manifeste par la sortie des radicules et par l'émergence de l'hypocotyle.

La germination a lieu 6 à 10 jours après le semis (Varela *et al.*, 2003) à une température comprise entre 18°C et 24°C. Elle nécessite de l'eau et de la chaleur. L'étape première de la germination est l'imbibition qui est accompagnée par la reprise de la germination.

1.2.3.2 Phase de croissance

La croissance de la tomate s'effectue en 2 étapes dans 2 milieux différents : en pépinière, puis en plein champ ou sous serre (Laumonier, 1979a).

- En pépinière : la croissance va de la levée jusqu'au stade 6 feuilles. Pendant cette phase, la plante met en place des racines fonctionnelles qui vont assurer son alimentation en eau et en élément nutritifs.
- En plein champ ou sous serre : la plante est repiquée à partir du stade 6 feuilles, où elle continue ainsi sa croissance (Laumonier, 1979b) soit 7 semaines après le semis (Varela *et al.*, 2003). En fonction du type de croissance (déterminée ou indéterminée), les plants de tomate sont soit tuteurés, soit cultivés à plat (Gravel, 2007).

1.2.3.3 Phase de floraison et de pollinisation

La floraison est le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur, qui correspond à l'apparition et au développement des ébauches florales suite à la fécondation de l'ovule par la graine de pollen. L'issue de cette transformation est la formation de la fleur.

Lorsque les conditions sont favorables, on note l'apparition des bouquets floraux groupés en inflorescences 6 à 7 semaines après le semis. Pendant cette phase, les températures nocturnes et diurnes doivent respectivement être de 13°C et 23°C.

La dissémination du grain de pollen est assurée par des agents extérieurs comme le vent ou certains insectes dont le bourbon (Chaux et Foury, 1994a).

1.2.3.4 Phase de fécondation de nouaison et de fructification

La fécondation a lieu 2 à 3 jours après la pollinisation, qui est un processus naturel contrôlé par des facteurs tels que le vent et les insectes. La nouaison, qui s'effectue sous une

température comprise entre 13°C et 15°C, est la première étape de la formation du fruit ; elle va de la gamétogenèse à la fécondation. Les nuits chaudes à 22°C sont défavorables à la nouaison (Rey et Costes, 1965). La formation du fruit est la fructification.

1.2.3.5 Phase de développement et de maturation du fruit

La maturation du fruit est caractérisée par un grossissement du fruit et son changement de couleur, il passe du vert au rouge. Les hydrates de carbone, synthétisés grâce à la lumière intense, sont transportés vers les fruits en croissance sous une température qui est de 18°C la nuit et de 27°C le jour (Rey et Costes, 1965).

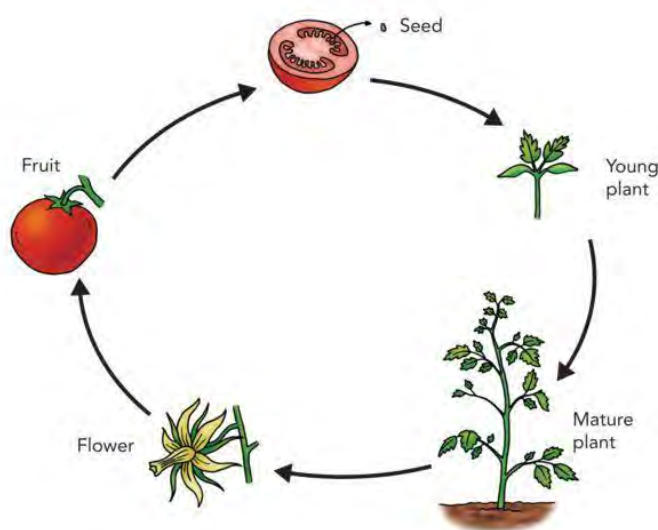


Figure 1 : Cycle biologique de la tomate (www.google.sn)

1.2.4 Composition biochimique

Prisée en diététique à cause de sa bonne valeur nutritive, la tomate est un fruit à propriétés anticancéreuses (Blancard et *al*, 2009) ; elle favorise la digestion et participe à la formation de l'hémoglobine et du collagène. Elle est riche en eau (90%), en vitamines (B3, B6, C, A, E et K), en sucres (55%), en acide organique et est pauvre en calories (22Kcal pour 123g) (L, 2000). Des pigments à actions antioxydantes appartenant à la famille des caroténoïdes (B-carotène riche en provitamine A) et le lycopène (3 et 8mg/100g de matière fraîche) apparaissent lorsque le fruit devient mûr (Warda et Amel, 2017).

1.2.5 Ecologie de la tomate

1.2.5.1 Les exigences édapho-climatiques de la tomate

1.2.5.1.1 Les exigences édaphiques

La tomate présente des exigences envers la sensibilité au froid, aux vents chauds et à la température (Debbab, 2017).

- **Le sol**

La culture de la tomate s'adapte à tous les sols. Mais elle se développe mieux dans un sol profond, meuble, limoneux avec une forte capacité de rétention en eau, mais bien drainé (Naika *et al.*, 2005a). Sur un sol léger et pendant la saison sèche, une irrigation est nécessaire. Mais il est possible d'obtenir un excellent rendement dans un sol lourd lors d'une récolte tardive. Il serait mieux d'éviter les sols battants et compacts, car les racines de la tomate ne supportent pas l'asphyxie (Baaziz *et al.*, 2018b).

- **La température du sol**

Le pourcentage de levée et la vitesse de germination dépendent en premier de la température du sol. La vitesse de germination augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C. Les températures 15° et 20°C sont idéales pour un meilleur pourcentage de levée (Rey et Costes, 1965).

- **Le pH du sol**

La tomate tolère modérément une large valeur du pH. Elle pousse mieux dans des sols où la valeur du pH est comprise entre 5,5 et 6,8 (Naika *et al.*, 2005b). Des valeurs plus faibles ou plus élevées entraînent des carences minérales ou des toxicités (B. Bouiadjri, 2017).

- **La salinité du sol**

La tomate est assez tolérante au sel ; elle peut supporter des teneurs en sels comprises entre 2 et 4g/l. La germination et le début du développement de la plante correspondent à la période pendant laquelle la tomate devient plus sensible à la salinité (Bentvelsen, 1980).

- **L'aération du sol**

Un sol bien aéré favorise la levée d'un nombre important des plantules, mais présente un effet défavorable durant la période de croissance végétative sur les racines. L'aération est indispensable à la maturité des fleurs (Chaux et Foury, 1994a).

- **L'humidité du sol**

La tomate est exigeante en humidité du sol. La baisse de l'humidité optimale et de la température entraîne un déficit hydrique et, par conséquent, diminue la photosynthèse et la transpiration (Fiasson, 1981).

1.2.5.1.2 Les exigences climatiques

La température de l'air et du sol, l'intensité et la durée d'éclairement et l'hygrométrie de l'air sont les 3 facteurs essentiels qui interviennent de façon variable aux différents stades du développement de la plante (Chaux et Foury, 1994b).

- **La température de l'air**

Un climat relativement frais et sec est exigé par la tomate pour une production abondante et de qualité. La température optimale pour la plupart des variétés est comprise entre 21 et 24°C. Les plantes sont capables de supporter un certain degré de températures. Mais, en-dessous de 10°C (valeur minimale) et au-dessus de 38°C (valeur maximale), les tissus des plantes sont endommagés, ils réagissent aux changements de température qui ont lieu lors du cycle de croissance (Naika *et al.*, 2005b).

Tableau 1: Exigence de la plante en température (Bendiff, 2016a).

| Stades de croissance | Température du sol | Température de l'air |
|--|--------------------------|--|
| Germination (avant levée) | 30 à 20°C (décroissante) | 20°C |
| Culture de plant en pépinière | 20 à 25°C | 26°C jour et 20°C nuit |
| Plante en culture : développement végétatif, floraison | 15 à 18°C | Thermo-périodisme journalier 20 à 2°C jours, 15 à 17°C nuits |
| Fructification : pollinisation, fécondation, nouaison | 15 à 20°C | 20 à 25°C jours et 15 à 17°C nuits |
| Développement des fruits | 18 à 20°C | 20 à 23°C |

- **La lumière**

La tomate est une plante à jour long. Mais elle est capable de fleurir à des longueurs de jours inférieures à 12 heures, ce qui engendre une baisse de la floraison et une production difficile de pollen. Un faible éclaircissement entraîne un étiolement des plantes, une perte de précocité et une baisse du rendement (Rey et Costes, 1965). L'intensité de la photosynthèse dépend de la quantité d'énergie reçue par les feuilles. Elle est sous le contrôle de la température, de la teneur en CO₂ de l'air et de l'ouverture des stomates (Bendiff, 2016a).

- **L'humidité de l'air**

La tomate est sensible à la quantité de vapeur contenue dans l'air (hygrométrie). Il faut éviter de mouiller les feuilles, afin de limiter les maladies cryptogamiques et la chute des fleurs. Cette dernière est également causée par les vents chauds et secs (Bendiff, 2016b).

1.2.5.1.3 Les exigences nutritionnelles

- **Les exigences hydriques**

La tomate a besoin d'une quantité significative en eau (Bendiff, 2016c). L'eau est importante pour l'obtention d'un bon rendement et d'une bonne qualité des fruits (Chaux & Foury, 1994b). En plein champ, les besoins de la tomate en eau se situent entre 4000 et 5000m³/ha. Celles avec un cycle de 3 à 4 mois sont de 400 à 600 m³/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate dépend de l'environnement, de la plante, mais également des stades de développement de cette dernière (Bentvelsen, 1980).

- **Exigence en éléments fertilisants**

La tomate est une plante qui se cultive facilement, mais requiert un besoin en éléments minéraux assez importants (Bendiff, 2016c). Ce besoin est régulé en fonction de la technique de production, de la nature du substrat et de la stratégie d'irrigation (Labed et Bentamra, 2018).

1.2.6 Variétés et formes de la tomate

On compte 8 formes principales de fruits classées en 4 grandes familles selon la taille de leurs fruits. On note :

- Les tomates à gros fruits (100g et plus)
- Les tomates cocktail à fruits moyens (entre 30 à 50g)
- Les tomates cerises à petits fruits (15 à 20g)

- Les tomates groseilles à très petits fruits (moins de 15g)

Il existe plus de 500 variétés à fruits plus ou moins réguliers, sensibles aux maladies, mais avec une excellente qualité gustative. Les variétés fixées ou les hybrides, plus nombreuses, sont les plus récentes (Baaziz *et al.*, 2018a). Elles sont toutes deux issues du procédé naturel de pollinisation des plantes (Baaziz *et al.*, 2018b).

1.2.6.1 Classification variétale selon le mode de croissance

Il existe plusieurs catégories de tomates classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante qui détermine l'aspect et le port que porte le plant. Ainsi, la plupart des variétés présentent un port indéterminé, contrairement aux autres variétés qui sont soit à port déterminé, soit à port buissonnant (Naika *et al.*, 2005c).

1.2.6.1.1 Variété à croissance indéterminée

Les variétés à croissance indéterminée continuent de pousser et de produire des bouquets floraux tant que les conditions leurs sont favorables. En une saison, on peut noter 6 ou 7 générations de fleurs. La croissance ne s'arrête qu'à la mort de la plante. Il est nécessaire de palisser leur tige, de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement pour éviter qu'elles s'affaissent. Généralement, elles ont une production plus importante que celle des tomates à port déterminé (Baaziz *et al.*, 2018a).

1.2.6.1.2 Variété à croissance déterminée

La variété à croissance déterminée est caractérisée par l'absence de la dominance apicale. La tige de cette variété émet 2 à 6 inflorescences avant que sa croissance s'arrête naturellement. Elle se qualifie de variété industrielle du fait qu'elle est destinée à l'industrie agroalimentaire (Laumonier, 1979b).

1.2.6.1.3 Variété buissonnante

La variété buissonnante est l'intermédiaire entre les 2 autres variétés (indéterminée et déterminée). Elle se caractérise par des tiges épaisses, solides et des inflorescences serrées.

1.2.7 Les principaux maladies et ravageurs de la tomate

Malgré l'utilisation de variétés hybrides et résistantes, les cultures de tomate sont victimes d'un nombre important de maladies et d'attaques de ravageurs entraînant parfois des pertes considérables. Les plus importantes sont récapitulées dans les tableaux ci-dessous (2, 3, 4 et 5).

1.2.7.1 Maladies bactériennes de la tomate

Tableau 2 : Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)

| Maladies bactériennes de la tomate | Noms scientifiques | Symptômes et dégâts |
|--|--|---|
| Chancre bactérien | <i>Clavibacter michiganensis subsp michiganensis</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Flétrissement unilatéral sur feuille - Jaunissement des folioles dans le tiers inférieur - Stries pâles au niveau des tissus flétris qui s'ouvrent pour former un chancre - Taches blanches au niveau des fruits sous forme « œil d'oiseau » |
| Moucheture de la tomate | <i>Pseudomonas pv. tomato</i> | -Sur feuillage : apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune -les folioles se dessèchent et tombent. |
| Gale bactérienne | <i>Xanthomonas compestris pv. vesicatoria</i> | <ul style="list-style-type: none"> -Apparition des taches brunâtres relativement régulières entourées d'un halo jaune entraînant le dessèchement des folioles et la chute des feuilles, -Apparition de lésions elliptiques sur les tiges et les pétioles |
| Flétrissement bactérien des solanacées | <i>Pseudomonas solanacearum</i> | -Flétrissement de type <i>verticillium</i> ou <i>fusarium</i> mais suivi de la mort très rapide de la plante. |

1.2.7.2 Maladies virales de la tomate

Tableau 3 : Les maladies virales de la tomates (Snoussi, 2010)

| Virus | Genre | Symptômes | Moyen de transmission |
|--|-------------|--|---|
| CMV (Cucumber Mosaic Virus) | Cucumovirus | Mosaïques, Nécroses Filiformismes | Pucerons |
| TICV (Tomato Infectious Chlorosis Virus) | Crinivirus | Jaunissement | Aleurodes (<i>T. vaporariorum</i>) |
| PepMV (Pepino Mosaic Virus) | Potexvirus | Mosaïques | Contact, opérations culturales, graines |
| TMV (Tobacco Mosaic Virus) | Tobamovirus | Mosaïque verte ou jaune | Machines ou main d'œuvre |
| TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) | Tospovirus | Nécroses, Décolorations, Nanismes | Thrips (<i>Frankliniella</i>) |
| TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) | Begomovirus | Jaunisses, Enroulement foliaire, Filiformismes | Aleurodes, (<i>Bemisia tabaci</i>) |

1.2.7.3 Insectes et ravageurs de la tomate

Tableau 4: Les ravageurs de la tomate (Ziri, 2011)

| Insectes et ravageurs | Nom scientifique | Symptômes et dégâts |
|--|--|--|
| Nématodes à galles | <i>Meloidogyne incognito</i> <i>chitwood</i> et <i>M. arenaria</i> <i>Neal</i> . | -Nodosité (gales ou kystes) sur les racines -Reduction de la croissance de la plante -Flétrissement de la plante |
| Acariens | <i>Tetranychus</i> et <i>T.</i> <i>cinnabarinus</i> | -Coloration brune à bronzées faces inférieures des folioles -Dessèchement et mort des plantes les plus atteintes |
| Noctuelles terricoles Noctuelles des fruits | <i>Agrostis segetum</i> <i>Chloridea armigera</i> | -Dégâts des chenilles sur le collet -La mort de la plante. |
| Aleurodes | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> et <i>Bemisia tabaci</i> | -Rabougrissement des apex et développement de fumagine -Coloration irrégulière des fruits |
| Cicadelles | <i>Hialesther obsoletus</i> | -Transmission du stolbur, mycoplasmoses. |
| Mineuses | <i>Liriomyza trifolii</i> , <i>L. strigata</i> et <i>Tuta absoluta</i> Meyrick | -Formation de galeries dans le limbe des feuilles âgées par les larves. |
| Pucerons | <i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i> et <i>Myzus</i> <i>persicae</i> | -Enroulement des feuilles -développement de la fumagine sur les feuilles et les fruits -transmission de virus. |
| Thrips | <i>Frankliniella occidentalis</i> | -Les nymphes se nourrissent du pollen des fleurs et des jeunes fruits. -Lésions sur le limbe qui se nécrose pour prendre une teinte beigeâtre |
| Mineuse de la tomate | <i>Tuta absoluta</i> | - Mines remplies d'excréments dans les feuilles, les bourgeons et les fruits. -Les semis endommagés peuvent cesser de pousser et mourir. |

1.2.7.4 Maladies fongiques de la tomate

Tableau 5 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Naika et *al.*, 2005c)

| Maladie | Agents | Symptômes |
|--|---|--|
| Anthraxnose | <i>Colletotrichum coccodes</i> | -Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs |
| -Mildiou classique ou Mildiou aérien -Mildiou terrestre | - <i>Phytophthora infestans</i> - <i>phytophthora nicotianae</i> | -formation de larges plages huileuses à la face supérieure de la feuille avec un duvet blanc à la face inférieure -lésions au niveau du système racinaire, du collet et des fruits -développement du mycélium sous forme de bondes brunes concentrique ou sous forme d'un feutrage cotonneux blanc à la surface des fruits |
| Verticilliose | <i>Verticillium albo-atrum</i> | -Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe |
| Alternariose | <i>Alternaria solani</i> | -Apparition des tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques sur les feuilles d'un diamètre de 1,5 cm. - Des taches chancreuses peuvent apparaître sur les tiges et les feuilles -Sur Fruit, la maladie s'attaque en premier lieu aux sépales qui se nécrosent, puis passe aux calices. |
| Pourriture grise | <i>Botrytis cinerea</i> | -Développement de lésions nécrotique sur feuilles sous forme de flamme le long de la nervure central, soit sous forme d'anneaux concentriques. -Sur fleurs, les parties non permanentes (stigmate, le style et la corolle) peuvent être infectées. -Avortement des fleurs et la chute prématurée des jeunes fruits. Sur la tige, développement de chancre qui conduit |

| | | |
|--|---|--|
| | | souvent à la mort de la plante |
| -Fletrissure fusarienne ou Fusariose | <i>Fusarium oxysporumf.sp lycopersici</i> | -Jaunissement des feuilles et flétrissement qui se propage de bas en haut apparition de racines avortées au bas de la tige -Tissus ligneux brun rougeâtre |
| -Pourriture des racines du collet | <i>Fusarium oxysporumf.sp radicleslycopersic</i> | -Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet |
| -Mal blanc (Oïdium) -Oïdium interne | - <i>Oïdium neolycopersici</i> - <i>Leveillula taurica</i> | -Taches blanches poudreuses couvrent la face supérieure des folioles et sur la tige en cas d'humidité élevée -formation de taches vert clair à jaunes plus ou moins intenses à la face supérieure et un discret feutrage blanc sur la face inférieure |
| Fonte des semis | <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium spp</i> | -Faible taux de levée -Affaïssement des plantules avant la maturité |

2 Généralités sur l'alternaria

L'alternariose ou tache alternarienne est considérée comme la deuxième maladie en importance après le mildiou par certains spécialistes aux Pays-Bas (Mouzaoui, 2018). C'est une maladie fongique causée par des champignons appartenant au genre *Alternaria* découverte en 1882. Elle est commune au feuillage de la tomate, elle s'attaque aux solanacées (pomme de terre, aubergines, piments) (M. Rodrigues *et al.*, 2016). Ces champignons sont des parasites de faiblesse cosmopolite, filamenteux et septés avec des modes de vie saprophytes et phytopathogènes. Ils sont propres aux moisissures atmosphériques (Bouneghou, 2010) et causent des dégâts sur tous les types de cultures (en plein champ, sous serre et post récolte) (Logrieco *et al.*, 2009). Ils développent en culture (tomates, crucifères et carottes) et sur des substrats organiques (plantes, sols, textiles, graines) des hyphes et des spores appelées conidies de grande taille en forme de massue à pigment noir. La sporulation s'effectue en cas d'humidité et de chaleur moyenne. La dissémination est assurée par l'eau et le vent. La maladie se matérialise par la formation de taches noirâtre caractérisée par une croissance en anneaux concentriques à la surface des feuilles, des tiges et des fruits (E. Loiseau, 2010). Ces spores sont des allergènes, outre leurs dégâts sur les cultures, ils peuvent être la cause d'infection chez l'homme (Linas *et al.*, 1998).

2.1 Classification taxonomique

La classe des Deutéromycètes renferme tous les champignons à mycélium cloisonné, dont le genre *Alternaria*. Ce dernier comprend l'*Alternaria solani* qui s'attaque à toutes les parties de la tomate et à tous les stades de développement (E. Loiseau, 2010) de même que *Alternaria alternata* et *Alternaria tomato*.

Règne.....Champignons

Embranchement.....Ascomycota

ClasseDeutéromycètes

Ordre.....Pleosporales

Famille.....Pleosporaceae

Genre.....*Alternaria*

Espèce.....*Alternaria solani* (Sorauer, 1896).

2.2 Morphologie

2.2.1 Aspect macroscopique

Les colonies d'*Alternaria* sont constituées de 2 parties, une partie blanchâtre constituée d'hyphes aériennes et une partie sombre (noire) constituant le revers renfermant les spores asexuées (Bouneghou, 2010).



Photo 6 : Colonies d'*Alternaria* après 5 jours d'incubation (Seye, 2019)

2.2.2 Aspect microscopique

Au plan microscopique, les conidies d'*Alternaria* (figure 2) sont oblongues ou en forme de gourdin à aspect elliptique, solitaires, séparées ou rarement en chaîne de 2 sur des conidiophores simple et septés (Neergaard, 1945) et des cellules sont multinucléées (Rotem, 1994). Elles sont de couleur sombre, à cloisons transversales mais souvent dépourvues de paroi longitudinale. Leur extrémité est constituée d'une longue cellule terminale (CIP, 1987). Elles mesurent entre 150 et 200 μm de la base à l'extrémité du bec (Simmons, 2007).

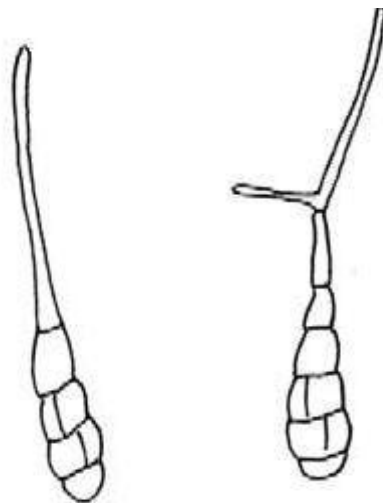


Figure 2 : Blastospores d'*Alternaria solani* (www.google.sn)

2.3 Cycle infectieux

Les espèces d'*Alternaria* sont pourvues d'un pigment de type mélanine qui assure leur protection contre les conditions environnementales défavorables, les microbes et les enzymes hydrolytiques (Rotem, 1994). Leur reproduction se fait par voie végétative de façon asexuée et très exceptionnellement par voie sexuée (genre *Lewia*) (Ellis et Gibson, 1975). Leur cycle (figure 3) infectieux se déroule en plusieurs phases : conservation, pénétration, invasion, sporulation et dissémination (Farrar *et al.*, 2004).

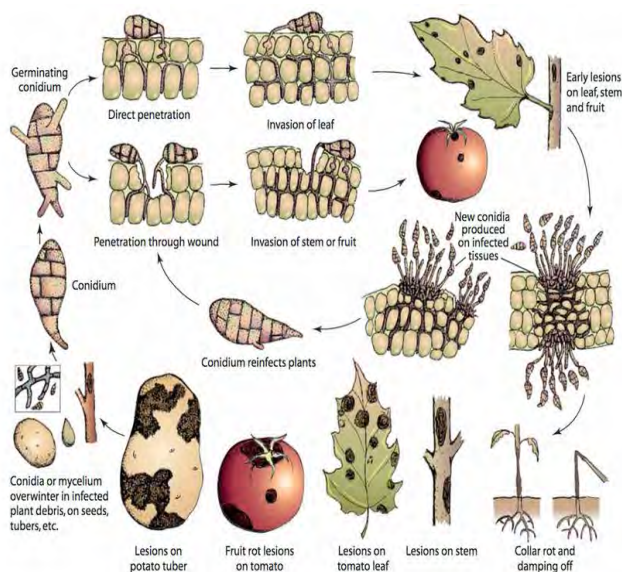


Figure 3 : Cycle biologique de l'alternariose sur les solanacées (tomate) (www.google.sn)

2.3.1 La conservation

La conservation de l'*Alternaria* peut durer plusieurs années, elle se fait au niveau des résidus de culture, des sols contaminés, des tubercules infectés (Mouzaoui, 2018), au niveau des chlamydospores (Basu, 1974) et sur d'autre solanacées comme la pomme de terre, l'aubergine et le poivron (Neergaard, 1945).

Également, des prélèvements de poussières de matelas de logements humides révèlent la présence d'*Alternaria* à plus de 50% (Bouneghou, 2010).

2.3.2 Pénétration et invasion

Selon la CIP une fois en contact avec les cellules végétales, une forte humidité et une température comprise entre 24 et 34°C induisent la germination des conidies. La température optimale en culture pure pour la croissance est de 28°C. Le tube germinatif au cours de son développement pénètre les tissus végétaux à travers les stomates ou les blessures et y développe des mycéliums. La pénétration peut également être facilitée par des enzymes

(cellulase, pectine galacturonase de méthyle). Ce développement succède la propagation des dégâts du fait des substances toxiques produites par le champignon. Les tissus foliaires sont ainsi rapidement colonisés par l'*Alternaria*, les lésions apparaissent 2 à 3 jours après l'infection (Sherf et MacNab, 1986).

2.3.3 Sporulation et dissémination

Le développement des conidiophores est stimulé par la lumière et les températures comprises entre 8 et 28°C, sous une humidité relative de 96 à 100% (Strandberg, 1992). On peut noter plusieurs cycles parasitaires au niveau de la culture dus à des contaminations secondaires assurées par les conidies qui sont formées (Sherf et MacNab, 1986). La production de spores se fait séparément ou par petit groupes, 3 à 5 jours après la formation des lésions. La dissémination des spores est assurée par le vent, la pluie et les insectes (Sherf et MacNab, 1986) (Blancard, 2012).

2.4 Dégâts

L'*Alternaria* cause des fontes de semis et des défoliations importantes entraînant une réduction du rendement car la fructification des plantes est menacée (Ganie *et al.*, 2013). Cette défoliation est due à la réduction des régions photosynthétiques. Il s'attaque surtout aux fruits cultivés en plein champ selon l'INRA, la maladie (alternariose) est accentuée par l'irrigation. Sur fruit de tomate, il cause des pourritures à moisissures noires. Selon la Syngenta, les pertes de rendement peuvent dépasser 20% et rendent difficile la récolte mécanique. Les tomates atteintes sont destinées à la fabrication de concentré.

2.5 Symptômes

Le champignon *Alternaria solani* est spécifique aux organes aériens de la tomate. Ses symptômes se matérialisent par des taches brunes ou brun jaunâtres de type nécrotiques, circulaires, couvertes par des fructifications noires d'*Alternaria* de quelques mm à 1cm de diamètre autour d'un centre clair. Des anneaux concentriques ou zones (taches zonées) ayant l'aspect d'une cible sont visibles à l'œil nu sur les feuilles plus âgées. Ces taches nécrotiques évoluent, gagnent toutes les parties de la feuille entraînant ainsi un dessèchement et la mort de cette dernière (Boisson & Digbeu, 1964). Donc les fruits sans protection due à la défoliation subissent l'insolation. Les lésions situées en bordures de feuille peuvent être dépourvues d'anneaux (Shankar *et al.*, 2006). Sur tige les symptômes apparaissent sous forme de plages superficielles de couleur brune qui augmentent, s'élargissent et s'allongent avec l'avancée de

la maladie (Michel *et al.*, 1991). Lorsque la maladie devient sévère, les fruits sont attaqués pendant la récolte ou lors de la conservation. La surface de la tomate est altérée, elle est couverte de moisissure noire et veloutée très caractéristique. Des anneaux se forment d'abord au niveau d'un pédoncule, d'une blessure ou d'une fissure avant d'évoluer en plages noires déprimées et coriaces. Des lésions concentriques avec des taches déprimées sont également visibles sur les fruits atteints qui au final périssent (Viegas *et al.*, 2014).

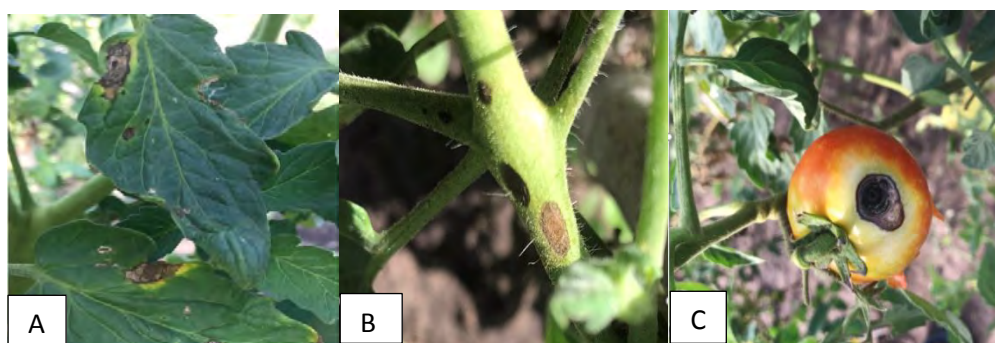


planche 1 : Symptômes d'alternariose (Koné, 2020)

A) sur feuille ; B) sur tige ; C) sur fruit

2.6 La lutte contre l'*Alternaria*

L'alternariose de la tomate réduit considérablement de façon qualitative et quantitative les rendements. Les méthodes de lutte les plus souvent utilisées sont les mesures prophylactiques, la lutte biologique et la lutte chimique.

2.6.1 Mesure prophylactique

Elle cherche à limiter l'incidence et la propagation de la maladie, elle est basée sur :

- l'espacement des plants ;
- l'utilisation de semence saine ;
- l'arrosage des Solanacées qu'au pied ;
- éviter les stress nutritionnels qui provoquent une sénescence accélérée ;
- limiter la conservation de l'inoculum en éliminant les débris de culture ;
- la rotation des cultures ;
- un paillage du sol ;
- des pulvérisations de décoctions de prêle ou d'ail ;
- le choix des variétés moins sensible.

2.6.2 Lutte biologique

La notion de lutte biologique se définit différemment en biologie selon le domaine d'étude.

En phytopathologie, elle décrit l'utilisation des microorganismes antagonistes pour inhiber ou pour contrôler le développement des maladies et des mauvaises herbes (Pal et Gardener, 2006).

Le contrôle de l'alternariose, peut se faire par l'utilisation d'extrait de propolis (résine végétale anti-infectieux) à 4% préparé dans l'eau distillé (Özcan, 1999), par l'utilisation de champignons fongicide agissant par compétition nutritive et spatiale tels que *Aureobasidium pullulans* et par les bactéries qui jouent un rôle de barrière physique empêchant l'installation des spores d'*alternaria* sur les végétaux traités. En effet ces bactéries secrètent des molécules qui inhibent la germination des spores ou qui renforcent la résistance des végétaux tel que *Bacillus subtilis* (Ajouz, 2009) qui s'utilise en prévention. Mais, ces méthodes de lutte présentent des difficultés concernant la régularité de leur efficacité en conditions de culture commerciale (Ajouz, 2009).

2.6.3 Lutte chimique

La lutte chimique, basée sur l'utilisation des pesticides est le moyen le plus utilisé pour réduire l'incidence des différents agents pathogènes (Leroux *et al.*, 2002). Les fongicides luttant contre le mildiou sont très souvent les mêmes utilisés pour le contrôle de la brûlure foliaire (alternariose). Ils sont pourvus de produits protecteurs comme le mancozèbe (Dithane), le chlorothalonil (Bravo), le manébe, l'iprodione, le difénoconazole, le cymoxanil + famoxadone et le thiophanate-méthyle. Le traitement se fait dès l'apparition des premiers symptômes. Après de fortes pluies ou en cas de lessivage, le traitement doit être renouvelé pour éviter l'extension de la maladie (Bartlett *et al.*, 2002).

Tableau 6 : Différents fongicides efficaces sur l'alternariose (Mouzaoui, 2018).

| Nom commercial | Matière active | Dose | Nombre Max de traitements | Efficacité |
|---|--------------------------------|------------------------|---------------------------|------------|
| Fongicide spécifique <u>anti-alternariose</u> | | | | |
| Amistar | Azoxystrobine | 0,25 l/ha | 2 | +++ |
| Fongicide anti-mildiou avec une efficacité contre l'alternariose | | | | |
| Divers « mancozèbe » ou manèbe | mancozèbe manèbe | d'après formulation | 12 | ++ |
| Unikat Pro | zoxamide + mancozèbe | 1,5 à 1,8 kg/ha | 10 | ++(+) |
| Sereno | fénamidone + mancozèbe | 1,5 kg/ha | 2 * 3 | ++(+) |
| Acrobat extra WG | diméthomorphe + mancozèbe | 2 à 2,5 kg/ha | 8 | ++ |
| Valbon | benthiavalicarbe+ mancozèbe | 1,6 kg/ha | 6 | ++ |
| Tanos | cymozalin+ famoxate | 0,5 à 0,6 kg/ha | 6 | ++ |
| Galben M | bénalaxyle + mancozèbe | 2,5 kg/ha | 4 | ++(+) |
| Ridomil Gold Spécial 68 WP | métalaxyl-M+ mancozèbe | 2,5 kg/ha | 2 | ++ |

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

1 Matériel

1.1 Description du site d'essai

L'essai, s'est déroulé d'Août à Novembre 2019 et s'est tenu dans le Centre pour le Développement de l'Horticulture (CDH) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) situé dans la commune de Sangalkam (figure 4) (latitude 14° 46' 44 30''Nord, longitude 17° 13' 33 65' Ouest, altitude 19 mètres) appartenant au département de Rufisque qui est une zone écologique des Niayes. Cet endroit est caractérisé par des dunes et des dépressions maintenues humides ou inondées par une nappe phréatique sub-affleurante durant une bonne partie de l'année et est animé par un climat subsaharien. Le sol est de nature deck-dior (tableau 7), riche en matières organiques. La température moyenne varie entre 19 et 30°C selon la saison, avec une pluviométrie annuelle de 400 mm en moyenne (Camara *et al.*, 2014).

Tableau 7 : Différents types de sols dans la zone des Niayes (Sangalkam) (Ndiaye *et al.*, 2012).

| Types de sols | Superficie (ha) |
|-----------------------------------|-----------------|
| Ferrugineux tropicaux (sols dior) | 3900 |
| Hydromorphes (deck-dior) | + de 11700 |
| Halomorphe (tannes) | 585 |
| Vertiques | 2340 |

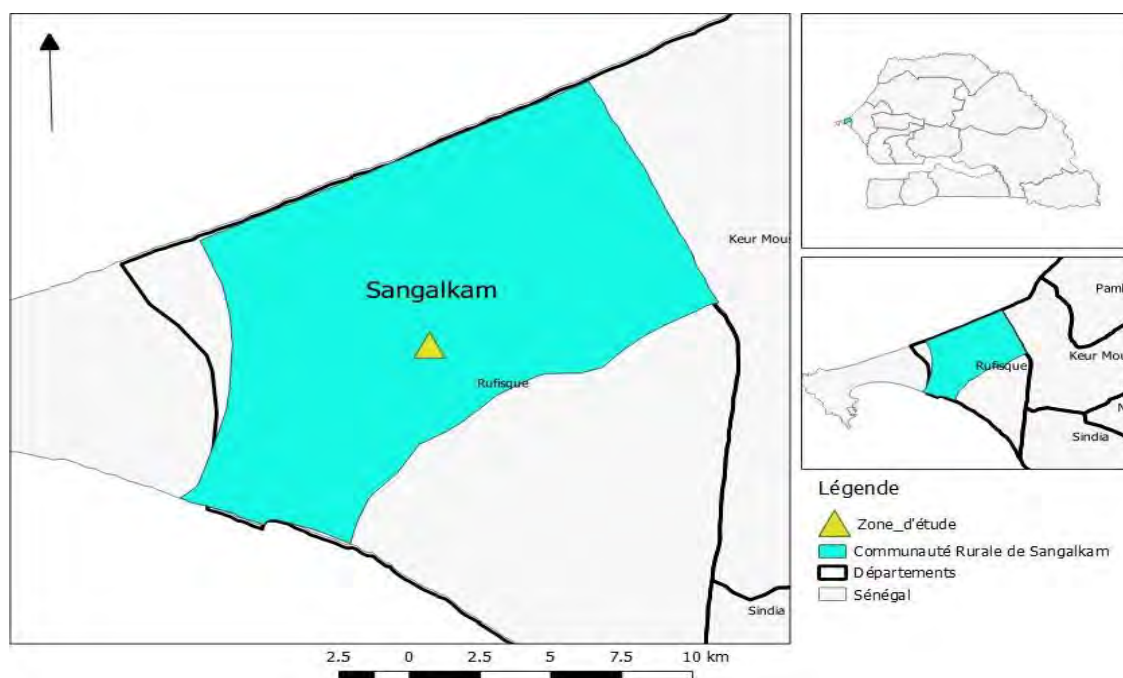


Figure 4 : Situation géographique de la station de recherche ISRA-CDH de Sangalkam (Ndao, 2019).

1.2 Matériel végétal

La tomate de variété Roma VF + 5G, appelée simplement tomate Roma (*Solanum Lycopersicum roma*) avec un génotype sensible à la maladie visée (alternariose) a été utilisée. C'est une variété de référence en zone sahélienne, elle est de taille moyenne avec un rendement élevé et une aptitude à la transformation (Verlody, 1979). Elle est principalement cultivée en saison sèche fraîche. C'est une variété vigoureuse, productive et à croissance déterminée ayant comme atout majeur sa résistance aux maladies comme le mildiou, le *Verticillium* et le *Fusarium* d'où l'abréviation VF (Béye et Lafay, 1985). La semence provient de TROPICASEM.

1.3 Matériel de l'essai

Le matériel utilisé lors de l'essai est listé ci-dessous :

- piquets, décamètre, corde et marteau pour la délimitation des parcelles ;
- pelle bêche, nivelle et le râteau pour le bêchage, le nivellement et la formation des ados ;
- raccord flexible pour l'arrosage ;
- étiquettes pour identifier les différents traitements et les parcelles ;
- fumier, NPK et urée pour la fertilisation ;

- GreenSeeker et un décimètre pour la mesure de la vigueur et de la hauteur des plants ;
- balance électronique de précision pour le pesage des produits chimiques à tester ;
- 02 bidons d'eau de 20 litres lors de chaque traitement et un pulvérisateur à dos de 20 litres à pression entretenue pour le traitement ;
- doseur d'une capacité de 50 millilitres ;
- seringue pour le prélèvement des produits (insecticide) ;
- matériel de protection (gants, lunettes, masques, bottes).

1.4 Matériel chimique

Produit testé : GLORY 75 WG (Mancozèbe 70 % et Azoxystrobin 5%)

Le GLORY 75 WG est un mélange de Dithiocarbamate (mancozèbe 70%) et Strobine (Azoxystrobin 5%), ce qui lui confère différents mécanismes d'action, il agit par contact et de façon systémique sur le contrôle des métabolismes fongique.

- Mancozèbe ($C_8H_{12}MnN_4S_8Zn$) : C'est un complexe polymérisé d'éthylène-bis-dithiocarbamate de manganèse (20%) et de zinc (2,5%). Il induit l'inactivation des groupes sulfhydriles d'acides aminés et l'activité enzymatique des cellules fongiques, entraînant ainsi la formation des complexes avec ceux qui ont des métaux, par conséquent la perturbation du métabolisme lipidique, de la respiration et de la production d'ATP (adénosine triphosphate). Le métabolisme des champignons est attaqué dans différentes parties ou voies du cycle de Krebs : c'est l'action multisite, ce qui génère avec une grande certitude peu susceptible d'acquérir une résistance. Il est classé par le FRAC comme fongicide Dithiocarbamate, multisite. Le mancozèbe (800g/kg) est de classe III selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) (Gatignol & Etienne, 2010). Il fait partie des pesticides homologués par le comité sahélien de pesticide (CSP). Ce fongicide de contact est utilisé en culture de tomate pour le contrôle des bio-agresseurs, alternariose, mildiou et septoriose (Spooner *et al.*, 2005).

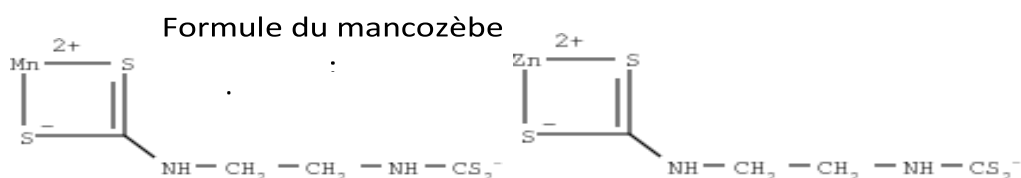


Figure 5 : Structure chimique du mancozèbe

- Azoxystrobine : Il est apparu en 1988 et appartient à la famille des Strobilurines. Il inhibe la respiration mitochondriale des cellules fongiques pathogènes, empêchant ainsi le transfert d'électrons dans le cytochrome b et le cytochrome c. C'est un puissant inhibiteur de la germination des spores et de la mobilité des zoospores de champignons, états dans lesquels l'agent pathogène a besoin de plus de consommation d'énergie. Il a une action curative et provoque l'effondrement de la croissance par une forte inhibition d'autres stades précoces de développement fongique, c'est un fongicide translaminaire et systémique.

Formule de l'azoxystrobine

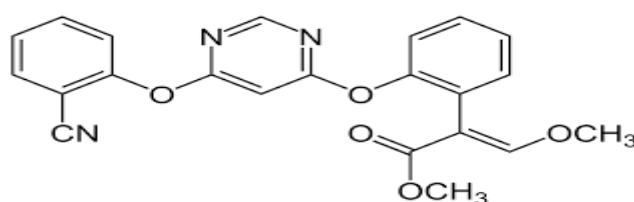


Figure 6 : Structure chimique de l'azoxystrobine

2 Méthode de l'essai

L'essai s'est déroulé en 2 phases :

- 1ère phase (pépinière) : les graines de tomates sont semées sous serre dans des alvéoles contenant du terreau. La fréquence de l'arrosage était quotidienne. La pépinière (photo 7) a duré 35 jours, elle a été mise en place le 25 juin 2019 au CDH.



Photo 7 : Pépinière de tomate

- 2ème phase (champ d'essai) : le repiquage s'est effectué sur des parcelles labourées, bien ameublies et enrichies par apport d'engrais organique (fumier de cheval) et d'engrais minéral (NPK) (photo 8) utilisé comme fumure de fond incorporé dans le sol par bêchage puis nivelées. Les jeunes plants ont été repiqués de sorte à ce que la

première vraie feuille soit en contact avec le sol pour augmenter la biomasse racinaire, lorsqu'ils ont atteint une croissance en hauteur de 17 cm soit 6 à 7 vraies feuilles. La 2ème phase a duré 4 mois (Aout-Novembre 2019).



Photo 8 : Préparation des parcelles élémentaires

2.1 Conduite de l'essai

2.1.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc Fisher randomisé (figure 7) avec 5 traitements (T0-T1-T2-T3 et T4) et 4 répétitions (R1-R2-R3 et R4) soit au total 20 parcelles élémentaires ayant une superficie de 10m² (2,5m×4m) réparties en 4 blocs. Les parcelles élémentaires sont séparées les unes des autres de 1,5m dans chaque bloc et des allées de 1,5m sont aménagées entre les blocs.

Chaque parcelle élémentaire est constituée de 5 lignes de 38 plants avec des espacements de 50 cm entre les lignes et 50 cm entre les poquets disposés en quinconce.

- T0 = témoin non traité ;
- T1 = témoin de référence ;
- T2 = dose (D) de Mancozèbe 70 % + Azoxystrobin 5% en dessous de celle recommandée par le fabricant ;
- T3 = dose de Mancozèbe 70 % + Azoxystrobin 5% recommandée par le fabricant ;

T4 = dose de « Mancozèbe 70 % et Azoxystrobin 5% au-dessus de celle recommandée par le fabricant.

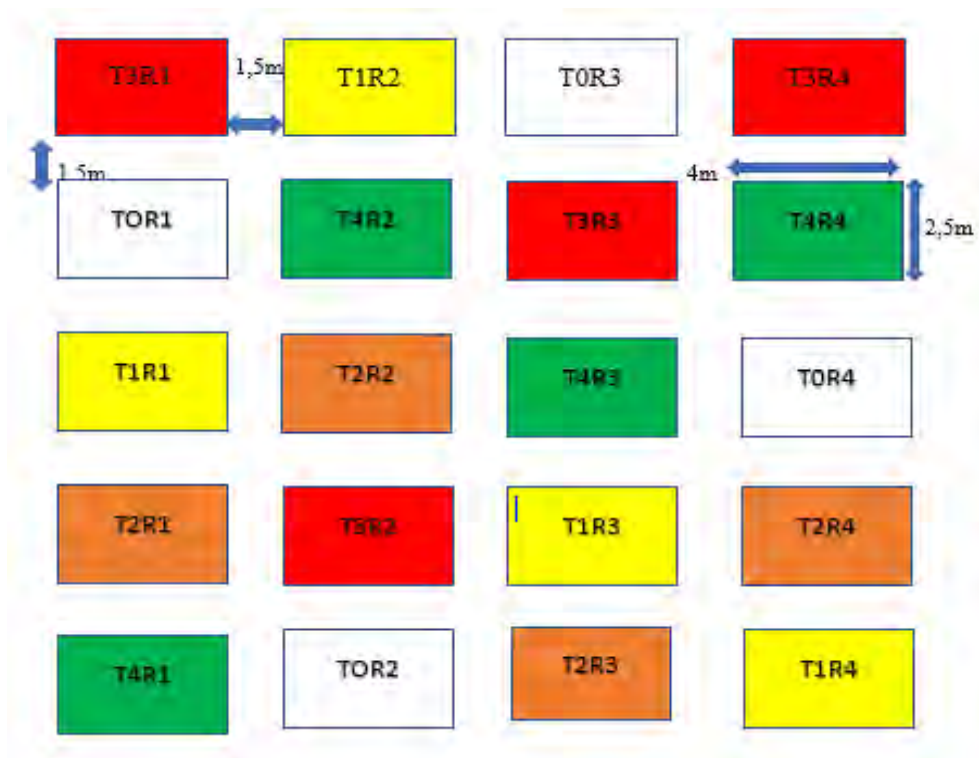


Figure 7 : Dispositif expérimental

R : répétition

T : traitement

2.1.2 Entretien de la culture

Le tuteurage (photo 9) est le fait de fixer par un piquet un plant pour éviter qu'elle ne se brise ou qu'elle ne s'affaisse sous l'action du vent ou lorsque le port est rampant. Pour notre essai, il s'est fait 20 jours après le repiquage (22Aout-2019).



Photo 9 : Plants de tomate tuteurés

2.1.2.1 Irrigation

L'arrosage a été journalier. Il a été fait par aspersion à l'aide d'un raccord flexible. En cas de forte pluie, les parcelles ne sont pas arrosées.

2.1.2.2 Sarclo-binage

- Le Sarcloage (photo 10) c'est la lutte contre les plantes indésirables ou l'élimination des adventices qui concurrencent les ressources (eau, minéraux ...) du sol avec la plante cultivée.
- Le binage (photo 10) permet d'éviter l'entassement de la terre suite à des arrosages fréquents. Il permet une meilleure aération des racines et à l'humidité de ne pas rester au fond de la terre, ainsi les racines ne pourrissent pas et la plante croît normalement.



Photo 10 : Parcelle de tomate après sarclo-binage

2.1.2.3 Fertilisation

L'apport d'engrais dans les parcelles élémentaires s'est fait en 3 fractions au cours de l'essai hormis celui du fond, soit 2 semaines après repiquage, en début de floraison et à la nouaison.

- Fond : 20 T/ha de fumier de cheval (fumure organique) ont été enfouie avec le labour + 300 kg/ha de NPK (10-10-20) (fumure minérale).
- Couverture : 150 kg/ha de NPK

2.1.2.4 Traitements phytosanitaires

Grace à un pulvérisateur à dos de 20 litres à pression entretenue, les différentes parcelles ont été traitées à l'exception du témoin absolu T0 avec du Mancozèbe 800g (photo 11) pour le témoin de référence T1 et avec un produit (GLORY 75 WG) constitué d'un mélange de Mancozèbe 70 % et d'Azoxystrobin 5% à différentes doses pour les autres traitements (T2, T3 et T4).

Les fongicides (Mancozèbe 70 % + Asoxystrobin 5% et Mancozèbe 800g) ont été appliqués 3 fois au cours de l'essai avec un intervalle de 10 jours chacune dès l'apparition des premiers symptômes de la maladie (alternariose) soit au stade 8 feuilles. L'insecticide (Deltaméthrine) a été appliqué au besoin.

Les différents traitements effectués (matériel chimique) se présentent comme suit :

- T0 = témoin non traité ;
- T1 = 2 Kg/ha de Mancozèbe 800g ;
- T2 = 1kg/ha de GLORY 75 WG soit 4 g du produit dans 4 litres d'eau pour 40 m² (10m² × 4 parcelles élémentaires) ;
- T3 = 2kg/ha de GLORY 75 WG soit 8 g du produit dans 4 litres d'eau pour 40 m² (10m² × 4 parcelles élémentaires) ;
- T4 = 3kg/ha de GLORY 75 WG soit 12 g dans 4 litres d'eau pour 40 m² (10m² × 4 parcelles élémentaires).



Photo 11: Mancozèbe 800g (témoin)

2.1.3 Identification de la maladie (alternariose)

2.1.3.1 Identification de l'alternariose sur le terrain

L'identification de la maladie sur les plants de tomate a été basée sur une observation visuelle et à une comparaison des symptômes provoqués par le bio-agresseur sur les différentes parties de la plante à l'aide de notre clef d'identification et à l'aide du livre de Blancard *et al* (2009).

2.1.4 Collecte des données

2.1.4.1 Evaluation des paramètres phytosanitaires (incidence et sévérité) de l'alternariose

Au niveau de chaque parcelle élémentaire, une évaluation hebdomadaire de l'état phytosanitaire des plants de tomate a été faite. Elle s'est tenue sur les 3 lignes centrales des parcelles élémentaires soit sur 10 plants étiquetés (figure 8). Une évaluation du niveau d'attaque de l'alternariose a été effectuée avant la première application du produit à tester pour la bonne suivie du degré d'avancement de la maladie. Les paramètres étudiés sont l'incidence (I) et la sévérité (S) de la maladie.

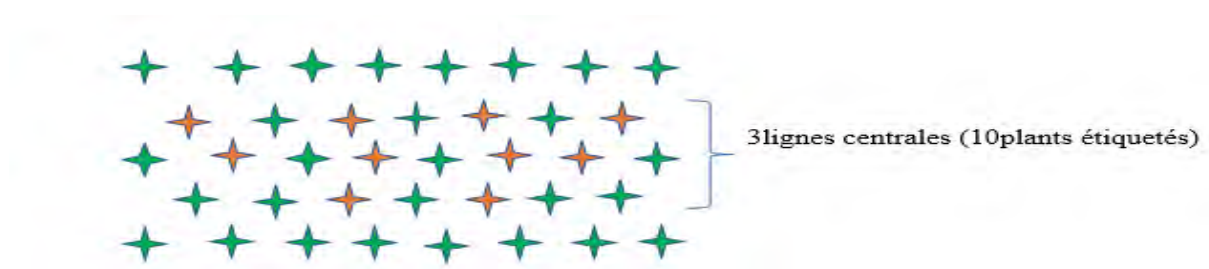


Figure 8 : Echantillonnage au niveau des plants disposés en quinconce dans une parcelle élémentaire

2.1.4.1.1 Evaluation de l'incidence (I)

L'incidence correspond au taux de plants présentant la maladie. Elle a été obtenue en effectuant le rapport entre le nombre de plants échantillonnés présentant l'alternariose et le nombre total de plants échantillonnés au sein d'une parcelle élémentaire.

$$I (\%) = \frac{\text{Nombre de plants présentant l'alternariose}}{\text{Nombre total de plants échantillonnés}} \times 100$$

2.1.4.1.2 Evaluation de la sévérité (S)

La sévérité correspond à l'intensité de la maladie. Elle a été déterminée à l'aide d'une échelle proposée par IMI (1993) qui se décrit comme suit :

- 0 = plant de tomate sans tache ;
- 1 = 1-10% de petites taches sur moins de 50% des feuilles du plant ;
- 2 = 1-10% de taches sur plus de 50% des feuilles ou 10-30% de taches sur moins de 50% des feuilles du plant ;

- 3= plus de 30% de taches sur plus de 50% des feuilles du plant.

2.1.4.2 Evaluation des paramètres agronomiques (hauteur et vigueur) des plants de tomate

2.1.4.2.1 Hauteur des plants

La mesure de la hauteur des plants de tomate (photo 12) s'est faite à l'aide d'un décamètre au 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème} et 60^{ème} jour après repiquage. Elle consistait à mesurer la longueur allant du collet de la plante à son sommet (dernière vraie feuille).



Photo 12 : Mesure de la hauteur des plants de tomates

2.1.4.2.2 Vigueur des plants

La vigueur fait référence à la croissance, au diamètre de la tige et à la surface foliaire d'un plant. Quand le point de croissance de la plante est fin avec sa surface foliaire faible, on manque de vigueur. Par contre, une grosse tige avec une grande surface foliaire caractérise un plant vigoureux. Elle a été mesurée à l'aide d'un capteur dénommé GreenSeeker (photo 13) qui affiche la valeur mesurée sous la forme d'un indice de végétation normalisé (NDVI). Cette valeur varie entre 0,00 à 0,99 ; plus la valeur est élevée, plus le plant est en bonne santé.



Photo 13 : Appareil de mesure de la vigueur (GreenSeeker)

2.1.5 Rendement des plants

- **Rendement agronomique (Ra)**

Il correspond au poids total des fruits murs (PTFM) récoltés sur une surface (S) donnée. Il a été exprimé et converti en t/ha. Les données recueillies lors de la récolte sont le poids total de fruits sains et de fruits malades pour pouvoir déterminer le rendement agronomique (Ra) et le rendement économique (Re).

Six (6) récoltes ont été effectuées au cours de l'essai. Elle a débuté dès la maturation des premiers fruits.

$$Ra = \frac{\text{poids total des fruits murs}}{\text{surface}}$$

- **Rendement économique (Re)**

C'est le rapport entre le poids de fruits sains (PFS) et la surface (S) de culture.

$$Re = \frac{\text{PFS}}{S}$$

2.1.6 Analyse des données

Les données des différents paramètres recueillies lors de l'essai ont été enregistrées dans un tableau Excel avant d'être analysées sur le logiciel R (R 3.6.2). L'analyse de la variance (ANOVA) nous a permis de comparer l'effet des différents traitements (T0, T1, T2, T3, T4) au seuil de 5%. La différence entre les traitements est considérée significative lorsque $p\text{value} \leq 0,05$. Les graphes ont été tracés avec le tableur Excel à l'aide des différentes moyennes obtenues lors de l'analyse de la variance.

CHAPITRE III. RESULTATS et DISCUSSION

1 Résultats

1.1 Observation des symptômes de l'alternariose au niveau des plants

Les plants de tomate attaqués par le champignon *Alternaria solani* présentent de petites taches irrégulières ou concentriques sur les feuilles âgées. Ces taches, jaune au début, grandissent et deviennent nécrotique avec le développement du champignon. Les lésions se développent sur les pétioles et les tiges avant d'affecter les fruits. Des anneaux concentriques ont été observés sur toutes les parties attaquées de la plante.

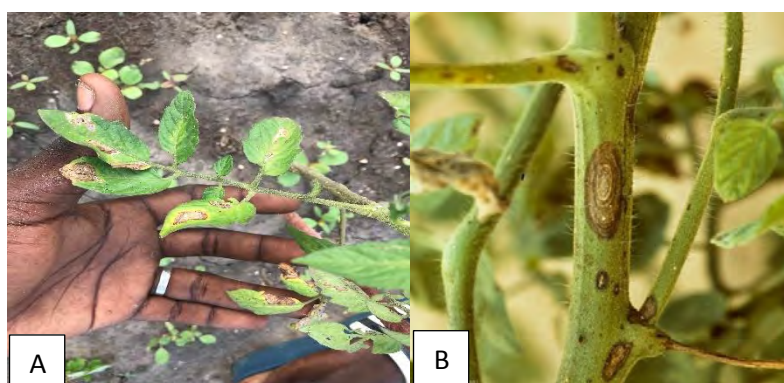


Planche 2 : Symptômes d'alternariose sur plant de tomate au terrain

Symptômes d'alternariose sur feuille ; B) symptômes d'alternariose sur tige

1.2 Évaluation de l'efficacité de GLORY 75 WG dans le contrôle de l'alternariose sur tomate en station

1.2.1 Effets des traitements fongiques sur l'incidence de la maladie (alternariose) dans les parcelles de tomate

La figure 9 décrit l'effet des traitements sur l'incidence de l'alternariose au niveau des parcelles de tomate. L'analyse de la variance (ANOVA) nous montre que l'effet des traitements présente une différence significative ($p\text{-value} = 0,0108$). La comparaison des moyennes regroupe ces différents traitements en 3 groupes distincts :

- nous notons un groupe (b) que constitue le témoin absolu T0 avec un taux de 84,64% où l'incidence est plus élevée ;
- un groupe (a) avec les plus faibles pourcentages d'attaque, renfermant la dose recommandée T3 (75,36%) et la dose supérieure T4 (74,28%) ;
- le troisième groupe, constitué du témoin de référence T1 (78,57%) et de la dose inférieure T2 (76,78%), est moyennement touché par l'alternariose. Ce dernier groupe

(ab) ne présente aucune différence significative par rapport aux autres. C'est un groupe intermédiaire.

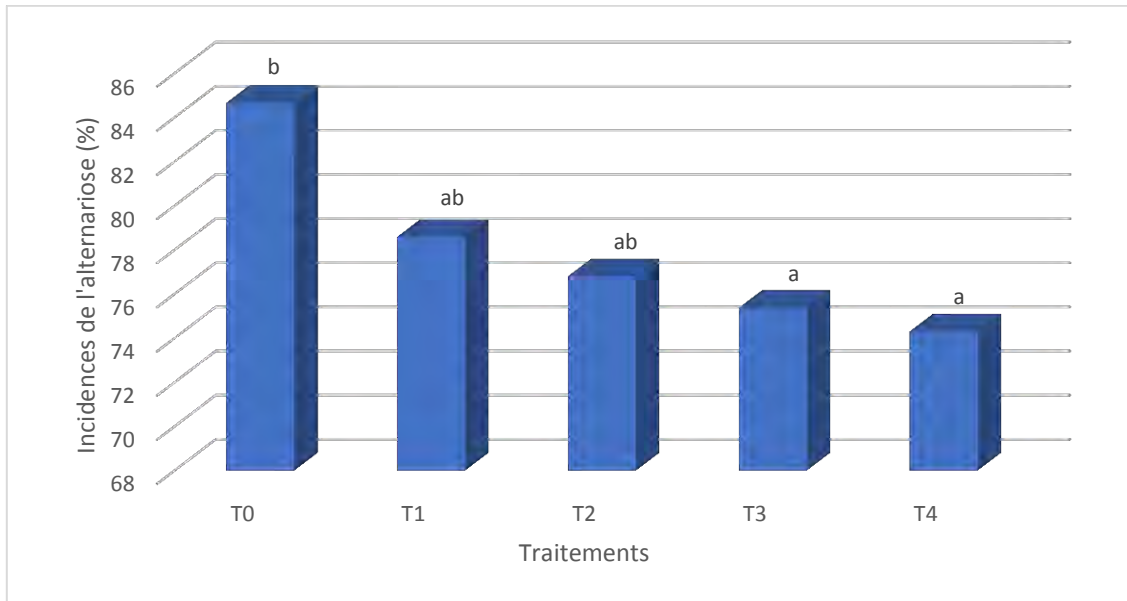


Figure 9 : Incidence de l'alternariose sur les plants de tomate en fonction des traitements

1.2.2 Effets des traitements fongiques sur la sévérité de l'alternariose dans les parcelles de tomate

La sévérité de l'alternariose dans les parcelles de tomate en fonction du traitement est représentée ci-dessous (figure 10). Comme pour l'incidence, l'ANOVA montre une différence significative ($p\text{value} = 0,000888$) entre les traitements. La comparaison des moyennes fait ressortir 2 groupes :

- un premier groupe (b), constitué du traitement T0, est le plus sévèrement touché par l'alternariose avec une moyenne d'indice de sévérité (IS) égale à 2,5 ;
- le second groupe (a), avec une sévérité moyenne $\leq 1,5$, renferme les traitements T1 (IS = 1,5), T2 (IS = 1,25), T3 (IS = 1) et T4 (IS = 1), représentant respectivement le témoin de référence (Mancozèbe 800), la dose inférieure, la dose recommandée et la dose supérieure de Glory 75 WG.

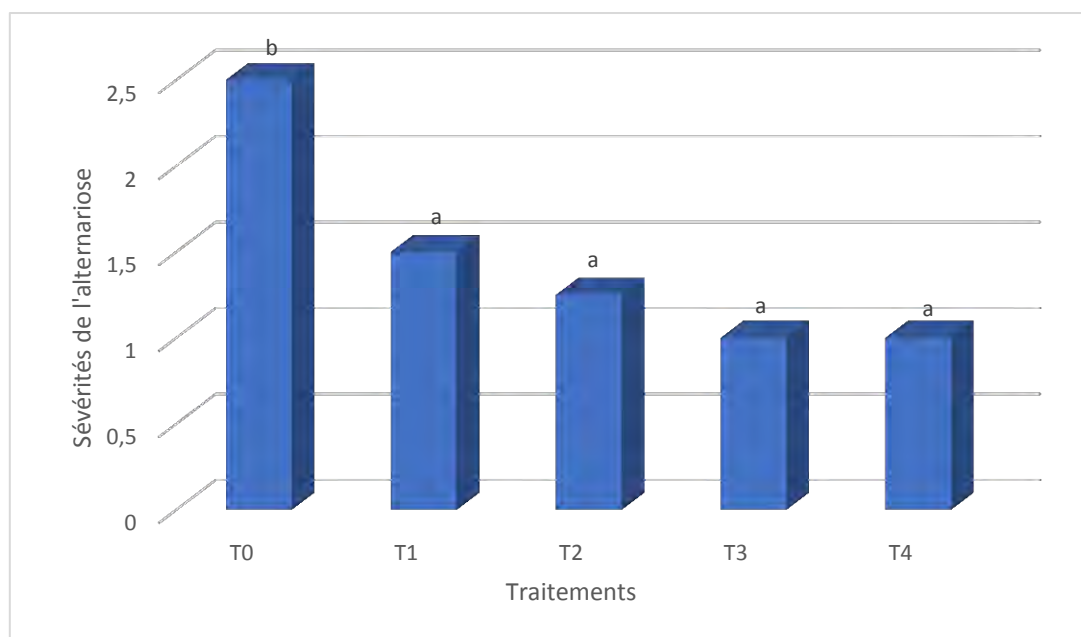


Figure 10: Sévérité moyenne de l'alternariose sur les plants de tomate en fonction des traitements

1.2.3 Effets des traitements fongiques sur la croissance en hauteur des plants de tomate (*Solanum lycopersicum*)

La figure 11 présente l'effet des différents traitements utilisés sur la hauteur des plants de tomate. L'ANOVA ne révèle aucune différence significative ($p\text{-value} = 0,442$) entre les traitements et la comparaison des moyennes les regroupe dans une seule classe (a) homogène. Cependant, en termes de valeur absolue, nous notons une légère différence au niveau de la hauteur. Elle est plus élevée au niveau de T4 (90,45 cm) suivi de T3 (89,675 cm), T1 (88,75 cm), T2 (86,25 cm) et est plus faible au niveau de T0 (84,35 cm).

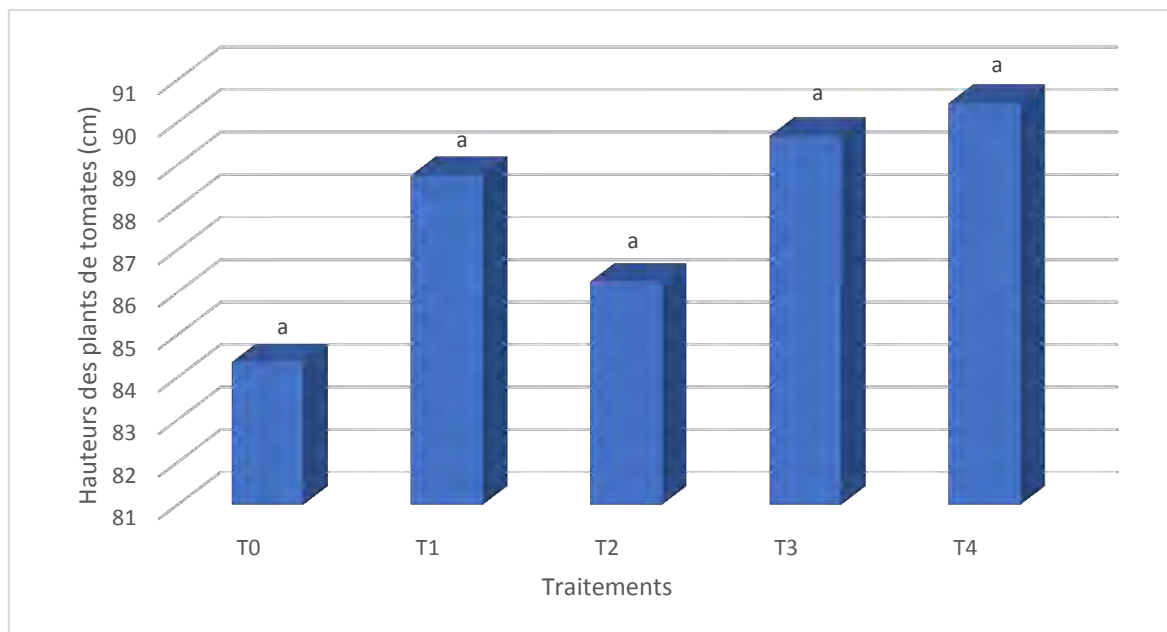


Figure 11 : Variation de la hauteur moyenne des plants de tomate en fonction des traitements

1.2.4 Influence des traitements sur la vigueur des plants de tomate

La vigueur moyenne des plants de tomate diffère peu en fonction des traitements (figure 12). Comme pour la hauteur, il n'y a pas de différence significative ($p\text{-value} = 0,624$) entre les traitements d'après l'analyse de la variance. Néanmoins, la dose recommandée T3, le témoin de référence T1 et la dose supérieure T4 ont la meilleure vigueur (0,70) en termes de valeur absolue. T2 a enregistré la plus faible vigueur environ 0,69.

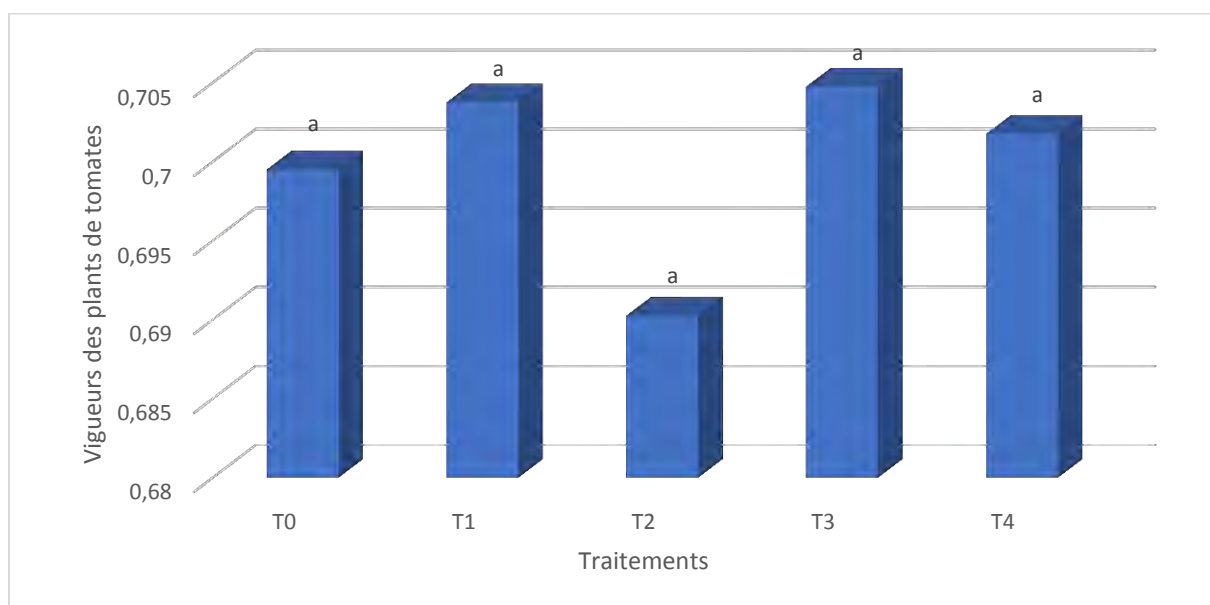


Figure 12 : Variation de la vigueur moyenne des plants de tomates en fonction des traitements

1.2.5 Impact des traitements sur les rendements des fruits de tomate

La figure 13 ci-dessous montre l'impact sur les rendements agronomiques et économiques des différents traitements. L'analyse de la variance montre que le rendement brut des fruits de tomate est statistiquement non significatif ($p\text{-value} = 0,0784$) au niveau des différents traitements. Toutefois, en termes de valeur absolue, la dose recommandée T3 présente le meilleur rendement (33,28 t/ha) et le rendement le plus faible (17,58 t/ha) est enregistré au niveau du témoin absolu T0.

Quant au rendement économique, une différence significative ($p\text{-value} = 0,00407$) s'opère entre les traitements après soustraction des pertes au niveau du rendement brut. En effet, la comparaison des moyennes le scinde en 3 groupes :

- un groupe (a) constitué par le traitement T0 présentant le plus faible rendement (8,25 t/ha) ;
- un groupe (b) renfermant les traitements T4 (22,16 t/ha) et T3 (27,07 t/ha) qui est économiquement plus rentable ;
- les traitements T1 (16,19 t/ha) et T2 (16,57 t/ha) forment le troisième groupe (ab) qui est une classe intermédiaire.

Quel que soit le rendement considéré (brut ou économique), la dose recommandée T3 enregistre le rendement le plus élevé et le témoin absolu T0 présente le rendement le plus faible.

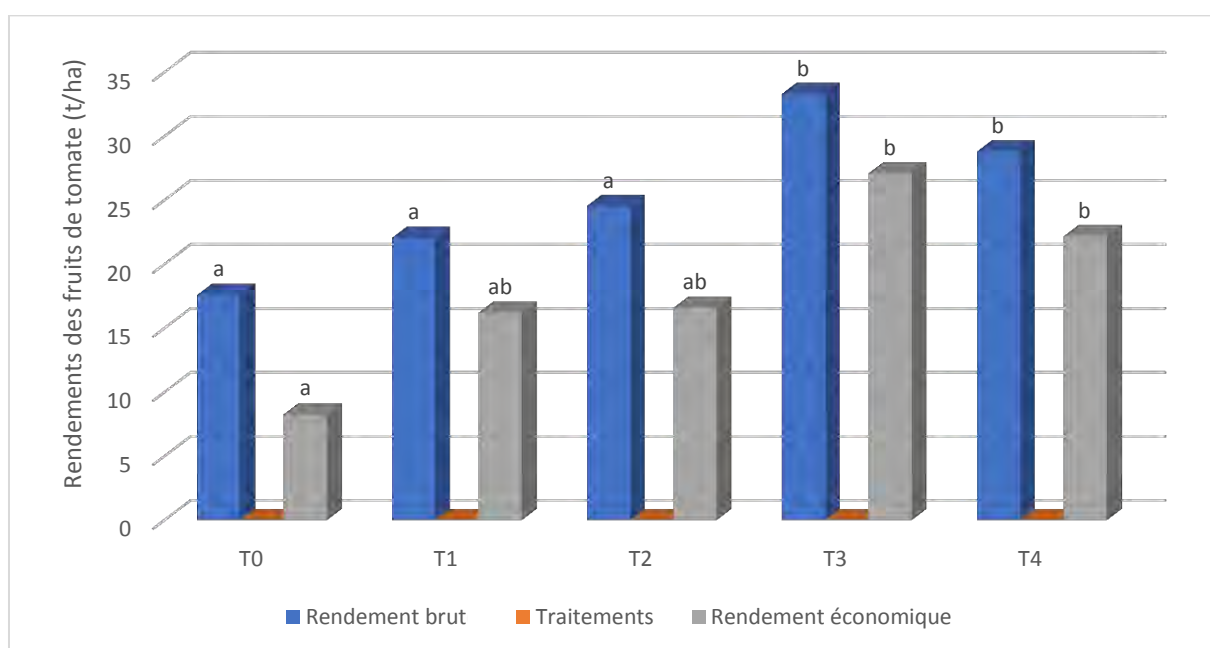


Figure 13 : Variation des rendements moyens des fruits de tomate en fonction des traitements

2 DISCUSSION

L'étude menée dans la station ISRA de Sangalkam visait à tester l'efficacité de l'association du mancozèbe à l'azoxystrobine à différentes doses (GLORY 75 WG), par comparaison au produit de référence Mancozèbe 80% et à un témoin absolu (non traité) contre l'alternariose de la tomate.

L'observation des symptômes de l'alternariose lors de cette étude montre que la maladie apparaît d'abord sur les premières feuilles de la plante sous forme de taches noirâtre composées d'anneaux concentriques. Les feuilles infectées se nécrosent et tombent au sol. La maladie se développe et gagne les jeunes feuilles avant d'atteindre la tige et le fruit lorsque l'infection devient sévère. Des lésions circulaires renfermant des anneaux concentriques ont été également visibles sur les tiges et les fruits affectés. Sur fruits, ces anneaux se sont formés d'abord au niveau des pédoncules avant d'évoluer en plages noires déprimées. Nos observations sont conformes avec ceux de (Blancard *et al.*, 2012) qui ont rapporté que l'alternariose de la tomate est caractérisée sur un plant de tomate par une apparence d'anneaux concentriques à l'intérieur des lésions produites par *Alternaria solani*. En effet les premiers symptômes de l'alternariose apparaissent d'abord sur les feuilles âgées. Quand les conditions météorologiques sont favorables, les tiges et les pétioles sont affectées, elle peut infecter toutes les parties de la plante. Ainsi, l'alternariose cause des défoliations importantes entraînant une réduction du rendement (Ganie *et al.*, 2013).

Concernant l'effet des différents traitements sur les paramètres agronomiques et phytopathologiques, les résultats ont montré l'efficacité du mancozèbe 70% associé à l'azoxystrobine 5% pour le contrôle de l'alternariose de la tomate sous la formulation GLORY 75 WG. Ce produit a entraîné une réduction de l'incidence, de la sévérité de l'alternariose au niveau des plants et une augmentation du rendement des fruits de tomate.

L'incidence et la sévérité de l'alternariose ont été significativement réduites sur les plants traités avec le GLORY 75 WG quel que soit la dose utilisée. Cette réduction de la brûlure alternarienne sur les feuilles est directement associée à une augmentation du rendement des fruits de tomate.

Ceci indique que l'association des matières actives mancozèbe et azoxystrobine appliquées sur les plants de tomate a été très efficace sur le champignon (*Alternaria solani*) responsable de l'alternariose de la tomate. Cette association a donné de meilleurs résultats pour le contrôle de l'alternariose au niveau des plants de tomate comparée au témoin de référence (Mancozebe 80%) et au témoin absolu (sans traitement).

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Vawdrey et Grice, (2005) qui ont trouvé que l'acibenzolar utilisé en association avec du mancozèbe donne nettement de meilleurs résultats pour la lutte contre la maladie de Sigatoka (cercosporiose) que le mancozèbe utilisé seul.

De même, ces matières actives ont été approuvées par plusieurs études à travers leur efficacité à contrôler les maladies cryptogamiques telles que l'alternariose (Spooner et *al.*, 2005).

L'efficience de cette association pourrait être due soit à la largesse du spectre d'action desdites matières, soit à la double action (contact et systémique) du produit GLORY 75 WG. Des observations similaires ont été faites par Manju et *al.*, (2006) lors d'une étude sur les moyens de lutte chimique contre la défoliation due par *Corynespora cassiicola* sur les hévéas.

En effet, les combinaisons de fongicides peuvent entraîner une synergie en élargissant le spectre d'activité antifongique face aux différentes maladies (fongiques) s'attaquant aux cultures (Gisi, 1996). En outre, elles retardent la sélection de résistances individuelles dans une population de pathogènes selon Gisi, (1996).

L'efficacité du mancozèbe est due à sa capacité à désactiver les enzymes thiols et les métabolites dans les cellules des champignons grâce à la production d'isothiocyanate (Arntzen, 1994). En solution aqueuse (bouillie), il se décompose et libère l'éthylène bis sulfure thiocyanate qui, sous l'action de la lumière ultraviolette, est transformé en éthyle isothiocyanate. La désactivation de la fonction respiratoire et de la germination des spores des cellules fongiques émanent de ces deux composés dérivés (Gullino et *al.*, 2010).

Quant à l'azoxystrobine du groupe des strobilurines, il présente un large spectre dont une action systémique et translaminare. Il empêche la progression de la maladie en bloquant le transport des électrons au niveau des mitochondries (respiration) et en pénétrant les tissus de l'hôte (tomate) pour y arrêter le développement des champignons (Baldwin et *al.*, 1996). En présence du fongicide, la production des conidies par le champignon diminue considérablement et les lésions sur les feuilles ne sont plus sporulantes (Bertelsen et *al.*, 2001).

Toutefois, quel que soit le traitement appliqué (T2, T3 et T4), le produit testé n'a pas significativement affecté les paramètres de croissance (hauteur et vigueur) des plants de tomate, comparé au témoin absolu (T0) et au témoin de référence (T1). Ceci pourrait être dû au fait que quels que soit le traitement considéré, la maladie n'a pas atteint son seuil de

nuisibilité ou que le potentiel de la culture est atteint grâce à la fertilité des sols des différentes parcelles de la tomate.

En effet, des bactéries du sol possédant des propriétés bénéfiques sur la croissance des plantes ont été identifiées par plusieurs chercheurs. Elles sont retrouvées dans la rhizosphère et portent le nom de PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Elles influencent de façon directe la croissance des plantes, par la sécrétion d'hormones (auxines, gibbérellines, cytokinines, etc.) ou en facilitant l'absorption de nutriments (fixation d'azote, solubilisation de phosphate, etc.) (Giroux, 2015).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet essai mené dans la station expérimentale d'ISRA-CDH de Sangalkam (zone des Niayes du Sénégal) porte sur l'évaluation de l'efficacité du fongicide GLORY 75 WG pour le contrôle de la brûlure alternarienne (alternariose) de la tomate. Il a pour but d'élargir la palette de produits phytosanitaires utilisés dans le contrôle de l'alternariose.

De cette étude, on retiendra que l'association du mancozèbe à l'azoxystrobine s'est avérée efficace pour les différentes doses du produit GLORY 75 WG dans le contrôle de l'alternariose de la tomate.

Cette efficacité est plus notable au niveau de la dose recommandée (T3) et au niveau de la dose supérieure (T4). Ces dernières ont permis de réduire significativement l'incidence et de la sévérité de l'alternariose au niveau des plants. En outre, la quantification du rendement nous a permis de montrer que le traitement T3 était plus rentable, car on a enregistré plus de fruits sains et moins de fruits attaqués par l'alternariose.

Nos résultats nous paraissent suffisamment intéressants pour recommander ici qu'ils méritent d'être approfondis. Il serait donc judicieux, pour confirmer l'efficacité du produit, de le tester ultérieurement en milieu paysan avec la dose recommandée T3 et de mener une étude des résidus de ce produit sur les récoltes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajouz S. (2009)** – Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. In: p. 212. Avignon.
- ANDS (Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique), 2013.** Situation Economique et Sociale du Sénégal en 2011. ANDS, 109.
- Arntzen C.J. (1994)** – Encyclopedia of agricultural science. RITTER, ELLEN M.
- Baaziz Z., Falfali A., Boulgheb A. (2018a)** – Etude du comportement de quelques variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L) sous serre sous une conduite écologique. PhD Thesis Thesis. Université Ahmed Draïa Adrar, 11–12.
- Baaziz Z., Falfali A., Boulgheb A. (2018b)** – Etude du comportement de quelques variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L) sous serre sous une conduite écologique. PhD Thesis Thesis. Université Ahmed Draïa Adrar 12–13.
- Bachir Bouiadjra S. (2017)** – Etude In vitro et In vivo du pouvoir pathogène de *Fusarium oxysporum* sur variétés fixes et hybrides de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), 9–10.
- Baldwin B.C., Clough J.M., Godfrey C.R.A., Godwin J.R., Wiggins T.E. (1996)** – The discovery and mode of action of ICIA5504. Modern fungicides and antifungal compounds, 69–77.
- Bartlett D.W., Clough J.M., Godwin J.R., Hall A.A., Hamer M., Parr-Dobrzanski B. (2002)** – The strobilurin fungicides. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, **58**, 649–662.
- Basu P.K. (1974)** – Measuring early blight, its progress and influence on fruit losses in nine tomato cultivars. Canadian Plant Disease Survey, **54**, 45–51.
- Bénard C. (2009)** – Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. PhD Thesis Thesis. Institut National Polytechnique de Lorraine 151–152.
- Bendiff A. (2016a)** – Étude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol., 9–10.
- Bendiff A. (2016b)** – Étude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol., 10–11.
- Bendiff A. (2016c)** – Étude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol., 11–12.
- Bentvelsen C.L.M. (1980)** – Réponse des rendements à l'eau. Dunod, 235–236.

- Bertelsen J.R., De Neergaard E., Smedegaard- Petersen V. (2001)** – Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology*, **50**, 190–205.
- Béye I., Lafay J.-F. (1985)** – Etude de critères de sélection pour une résistance générale à la verticilliose chez la tomate. *Agronomie*, **5**, 305–311.
- Blancard D., al (2009)** – Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser. Quae.
- Blancard D, al (2009)** – Blancard D., Laterrot H., Marchoux G., et Candresse... - Google Scholar.
- Boisson C., Digbeu S. (1964)** – Note sur la pathologie des cultures maraîchères en Côte d’Ivoire.
- Bouneghou S.B. (2010)** – L’effet inhibiteur *Depyhtium sp.* Sur la croissance mycélienne de *Fusarium roseum* et d’*Alternaria alternata*., 21.
- 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**, 2504.
- Chaux C.L., Foury C.L. (1994a)** – Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 563.
- Chaux C., Foury C. (1994b)** – Productions légumières, tome 2 : légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes. Tech. & Doc. Lavoisier, Paris, France, 477.
- CIP (1987)** – Influence de la Densité de Tiges Sur la Production de la Pomme de Terre. International Potato Center.
- Daunay M.C., Laterrot H., Janick J. (2008)** – Iconography and history of Solanaceae: antiquity to the 17th Century. Horticultural reviews.
- Debbab S. (2017)** – Etude in vitro et in vivo des pouvoirs biofongicides des extraits naturels vis-à-vis de l’agent de la fusariose de la tomate : *Fusarium oxysporum* f.s.p *radicis lycopersici*.
- Dupont F, Guignard JL (2012)** – Dupont F. et Guignard JL., 2012. Abrégés de pharmacie.... - Google Scholar.
- Edouard Loiseau (2010)** – Alternariose de la Tomate (*Alternaria solani*) | Promété - Agro-Météo et Outils d’Aide à la Décision. promété.
- Ellis M.B., Gibson I.A.S. (1975)** – *Alternaria solani* no. 45 set 48 Commonwealth Mycological Institute Kew. Surrey, UK.

- Fall A.A., David-Benz H., Huat J., Wade I. (2009)** – Tomate locale et production de concentrés : la force des contrats entre paysans et industrie. Duteurtre G., Faye MD, Dieye PN (Dir.).
- Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M. (2004)** – *Alternaria* diseases of carrot. Plant disease, **88**, 776–784.
- Fiasson J. (1981)** – R. Heller. —Physiologie végétale. Tome I, Nutrition. 2e édition revue et mise à jour. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, **50**, 208–208.
- Ganie S.A., Ghani M.Y., Nissar Q., Jabeen N., Anjum Q., Ahanger F.A. (2013)** – Status and symptomatology of early blight (*Alternaria solani*) of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Kashmir valley. African Journal of Agricultural Research, **8**, 5104–5115.
- Gatignol C., Etienne J.C. (2010)** – Pesticides et santé. Rapport parlementaire. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport.
- Giroux, L. (2015)**. Caractérisation de rhizobactéries du groupe des *Bacillus* bénéfiques à la croissance de la tomate (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).
- Gisi U. (1996)** – Synergistic interaction of fungicides in mixtures. Phytopathology, **86**, 1273–1279.
- Gravel V. (2007)** – Lutte contre *Pythium ultimum* chez la tomate de serre : une approche microbienne., 152.
- Gullino M.L., Tinivella F., Garibaldi A., Kemmitt G.M., Bacci L., Sheppard B. (2010)** – Mancozeb : past, present, and future. Plant Disease, **94**, 1076–1087.
- H. Laterrot (2013)** – Tomate - Production et données économiques de la tomate.
- Kolev N. (1976)** – Les cultures maraichères en Algérie. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles.
- L S. (2000)** – Sara : Organogénèse et embryogénèse somatique... - Google Scholar.
- Labad L.W.E., Bentamra Z. (2018)** – Etude technique du palissage des cultures protégées : Cas de la tomate., 11.
- Laumonier R. (1979a)** – Cultures légumières et maraichères, Tome III. Ed. JB Bailliere, 276p, 240.
- Laumonier R. (1979b)** – Cultures légumières et maraichères, Tome III. Ed. JB Bailliere, 276p, 279.
- Lequotidien Bilan- Campagne 2018-2019** : 52 895 tonnes de tomate levées par les industriels | Lequotidien Journal d'informations Générales.

- Leroux P., Fritz R., Debieu D., Albertini C., Lanen C., Bach J., Gredt M., Chapeland F. (2002)** – Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*. Pest management science, **58**, 876–888.
- Linaz M.D., Morassin B., Recco P. (1998)** – Actualités sur *Alternaria* : écologie. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, **38**, 349–355.
- Logrieco A., Moretti A., Solfrizzo M. (2009)** – *Alternaria* toxins and plant diseases : an overview of origin, occurrence and risks. World Mycotoxin Journal, **2**, 129–140.
- Manju M.J., Idicula S.P., Jacob C.K., Vinod K.K., PREM E., Suryakumar M. (2006)** – Chemical control of *Corynespora* leaf fall disease. *Corynespora* leaf disease of Hevea brasiliensis Strategies for management. (Editor Kuruvilla Jacob C.) pp, 102–108.
- Martins da Costa Rodrigues I., Fernandes Falcão B., Stehmann J.R., Girardi Bauermann S. (2016)** – Pollen morphology in *Athenaea sendtn.* And *Aureliana sendtn.* (Solanaceae). Palynology, **40**, 202–215.
- Michel et al, (1991) – Michel, M, 1991.** Maladies et ravageurs de la pomme... - Google Scholar.
- Mouzaoui F. (2018)** – Contribution à l'étude d'*Alternaria sp.*, agent causal de l'alternariose de la pomme de terre : Prospection, isolement et identification du pathogène., 18.
- Naika S., de Jeude J. van L., de Goffau M., Hilmi M. (2005a)** – AD17E Cultivation of tomato. Agromisa Foundation.
- Naika S., de Jeude J. van L., de Goffau M., Hilmi M. (2005b)** – AD17E Cultivation of tomato. Agromisa Foundation.
- Naika S., de Jeude L., Goffau M. de, Hilmi M., Dam B. van (2005c)** – La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation., 105.
- Ndiaye O., Diallo A., Matty F., Thiaw A., Fall R.D., Guissé A. (2012)** – Caractérisation des sols de la zone des Niayes de Pikine et de Saint Louis (Sénégal). International Journal of Biological and Chemical Sciences, **6**, 519–528.
- Neergaard P. (1945)** – Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*.
- Özcan M. (1999)** – Antifungal properties of propolis. Grasas y Aceites, **50**, 395–398.
- Pal K.K., Gardener B.M. (2006)** – Biological control of plant pathogens. 223–228.
- Rey Y., Costes C. (1965)** – La Physiologie de la tomate : étude bibliographique, par Yvette Rey et C. Costes... Institut national de la recherche agronomique.
- Rotem J. (1994)** – The Genus *Alternaria*. Biology, Epidemiology and Pathology. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minn, 322–326.

- Saroumane (2006)** – La tomate, Description biologique.
- Shankar J., Singh B.P., Gaur S.N., Arora N. (2006)** – Recombinant glutathione-S-transferase a major allergen from *Alternaria alternata* for clinical use in allergy patients. *Molecular immunology*, **43**, 1927–1932.
- Sherf A.F., MacNab A.A. (1986)** – Vegetable diseases and their control. John Wiley & Sons.
- Simmons E.G. (2007)** – *Alternaria*: an identification manual.
- Snoussi S.A. (2010)** – Rapport de mission : Étude de base sur la tomate en Algérie. Ministère de l'Agriculture et du développement rural, Direction des statistiques. (MRAD), 53.
- Sorauer (1896)** – *Alternaria solani* — Wikipédia.
- Spooner D.M., Peralta I.E., Knapp S. (2005)** – Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum L.* section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. *Taxon*, **54**, 43–61.
- Strandberg J.O. (1992)** – *Alternaria* species that attack vegetable crops: Biology and options for disease management. *Alternaria biology, plant disease and metabolites*.
- Varela A.M., Seif A., Löhr B. (2003)** – A guide to IPM in tomato production in Eastern and Southern Africa. ICIPE. Science Press, Nairobi, Kenya.
- Vawdrey L.L., Grice K. (2005)** – Evaluation en champ de l'action des strobilurines, des triazoles et de l'acibenzolaar pour lutter contre la maladie de Sigatoka en Australie. *InfoMusa*, **14**, 11–15.
- Verlodd H. (1979)** – Historique de la culture de la tomate pour l'industrie en Afrique du Nord avec des références particulières à la Tunisie. In: Symposium on Production of Tomatoes for Processing 100, pp. 53–62.
- Viegas C., Faria T., Gomes A.Q., Sabino R., Seco A., Viegas S. (2014)** – Fungal contamination in two Portuguese wastewater treatment plants. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, **77**, 90–102.
- Warda B., Amel B. (2017)** – Activité antifongique de trois huiles essentielles sur deux champignons pathogènes de la tomate ; *Botrytis cinerea* et *Fusarium oxysporum*.
- Ziri S. (2011)** – Contribution à la lutte intégrée contre *Tuta absoluta* sur tomate en plein champ. PhD Thesis Thesis 70–74.

WEBOGRAPHIE

file:///C:/Users/asus/Downloads/FicheTox_214.pdf

https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=656926

<https://jardinage.ooreka.fr/astuce/voir/638913/tomate-roma-vf>

https://co.uplonline.com/download_links/fLTidhPgDcBa4SYrPre3H0StnLu57peagnFuEM1N.pdf

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1646>