

Identification de mycètes cultivables associés aux maladies de la tomate au Burkina Faso

Assiata Tiendrebeogo ^(1,2), Schemaeza Bonzi ⁽¹⁾, Gaston Tobdem Dabiré ⁽¹⁾, Diakalia Son ⁽¹⁾, Amadou Sanou ⁽¹⁾, Hyacinthe Sami Kambire ⁽³⁾, Irénée Somda ⁽¹⁾, Anne Legrève ⁽²⁾

⁽¹⁾ Université Nazi BONI (UNB), Institut du Développement Rural (IDR), Unité Santé des Plantes du Laboratoire Systèmes Naturels, Agrosystèmes et Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I. E), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).
E-mail : tiendressita@yahoo.fr

⁽²⁾ Université Catholique de Louvain (UCL), Earth and Life Institute, Croix du Sud 2 bte L7.05.03, BE-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

⁽³⁾ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Station de Kamboinsé, 01 BP 476 Ouagadougou 01 (Burkina Faso).

Reçu le 3 octobre 2022, accepté le 21 novembre 2023, mis en ligne le 14 décembre 2023.

Cet article est distribué suivant les termes et les conditions de la licence CC-BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>)

DOI: 10.25518/1780-4507.20524

Description du sujet. La culture de tomate est confrontée à une forte pression parasitaire limitant son rendement. Parmi les agents pathogènes impliqués, de nombreux champignons sont décrits, mais peu ont été recensés jusqu'ici au Burkina Faso.

Objectifs. Identifier les agents pathogènes fongiques associés à la tomate en culture et/ou transmis par la graine.

Méthode. Les agents fongiques présents sur les échantillons de plantes malades ont été identifiés sur la base de caractéristiques morphologiques et moléculaires après isolement sur milieu de culture. Ceux associés à la semence ont été identifiés après incubation des graines en chambre humide et analyse de plantules après germination des graines.

Résultats. Trente-deux espèces fongiques ont été identifiées sur les échantillons de plantes malades et 11 à partir des semences, avec des prévalences variables. Les principales espèces fongiques observées sur les plantes malades collectées en champs ont été *Fusarium oxysporum* (Schltdl.) (66,4%), *Colletotrichum* sp. (27,4%), *Alternaria solani* (Sorauer) (26,9%), *Alternaria* sp. (27,5%), *Botrytis cinerea* (Pers) (24,1%) et *Fusarium equiseti* (Sacc.) (19,5%). La présence de *F. oxysporum* et *Cercospora kikuchii* (Tak.) a été mise en évidence sur l'ensemble des 14 lots/varétés de graines analysées. *Colletotrichum* sp., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. et *B. cinerea* ont été détectés sur la plupart des variétés testées. *Epicoccum* sp. (Sacc.) a été le saprophyte le plus important aussi bien sur les semences (54,5%) que sur les échantillons de plantes malades en culture (57,0%).

Conclusions. La prévalence élevée de champignons pathogènes connus de la tomate sur les échantillons collectés en champs et sur les lots de graines invite à approfondir la caractérisation des espèces et souches en présence, développer des mesures de contrôle basées sur les connaissances épidémiologiques des espèces en présence, rechercher des moyens de contrôles biologiques et assurer une meilleure qualité sanitaire des semences utilisées au Burkina Faso pour limiter les pertes encourues en production.

Mots-clés. Champignon, semence, pathologie végétale, qualité des produits.

Identification of cultivable mycetes associated to tomato diseases in Burkina Faso

Description of the subject. Tomato is affected by various pests and pathogens, reducing its yield. To date, few studies have been conducted on fungal pathogens occurring on this crop in Burkina Faso.

Objectives. The present study aims to identify fungal pathogens associated with tomato, in fields or seed-transmitted.

Method. Fungal pathogens were identified after isolation from infected tissues on culture media or after incubation of seeds in a humid chamber, and by observation of seedlings resulting from seed germination.

Results. Thirty-two fungal species were identified from diseased plants and 11 from seeds, with variable prevalence. The most frequent fungal pathogenic species on diseased plants were *Fusarium oxysporum* (Schltdl.) (66.4%), *Colletotrichum* sp. (Schwein.) (27.4%), *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer (26.9%), *Alternaria* sp. (Fr.) Keissl. (27.5%), *Botrytis cinerea* (Pers) (24.1%) and *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. (19.5%). The seed-borne pathogenic species detected on all varieties were *F. oxysporum* and *Cercospora kikuchii* (Tak. Matsumoto & Tomoy). *Colletotrichum* sp., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

B. cinerea were detected in most varieties. *Epicoccum* sp. was the most important saprophyte both on seeds (54.5%) and on samples of diseased plants in culture (57%).

Conclusions. The high prevalence of known fungal pathogens in tomato samples collected in the field and on seed lots necessitates further characterization of the species and strains present. It also emphasizes the need for the development of control measures based on epidemiological knowledge of the species, and for research into biological control methods. This would ensure better sanitary quality of the seeds used in Burkina Faso in order to mitigate production losses.

Keywords. Fungi, seed, product quality, plant pathology.

1. INTRODUCTION

La tomate (*Solanum lycopersicon* L.) est l'une des espèces cultivées les plus importantes au monde. Au Burkina Faso, la tomate constitue le deuxième produit maraîcher en termes de superficie (10 284 ha) et de production (167 400 t) après l'oignon (MAAH, 2020). Elle occupe la majorité des agriculteurs pendant la période sèche et génère des revenus substantiels pour les acteurs. La valeur totale des ventes nationales de la tomate est estimée en 2018 à plus de 78 milliards de F CFA (118 902 439 €), soit 21 % du chiffre d'affaires du maraîchage (MAAH, 2020). Au Burkina Faso, la tomate est produite exclusivement en plein champ sur des sites maraîchers d'une superficie de 0,25 à 1 hectare et principalement en saison sèche et en saison sèche humide. Dans ces deux cas, l'irrigation est le seul moyen d'apporter l'eau à la culture. En saison pluvieuse, la tomate est cultivée sur de petites parcelles d'une superficie de moins de 0,25 ha, autour des cases ou au bord de champs occupés par d'autres cultures comme les céréales ou le coton. Le système hors sol n'est pratiqué qu'à des fins expérimentales par les firmes de production des semences ou dans un but pédagogique par les centres de formation.

Ces dernières années au Burkina Faso, la production de la tomate fait cependant face à plusieurs contraintes dont la pression parasitaire due aux ravageurs, comme les insectes et les nématodes et aux agents pathogènes tels que des bactéries, champignons et virus. Les pertes occasionnées conduisent les producteurs de certains sites maraîchers du pays à renoncer à cette culture (IFDC, 2007). À côté des flétrissements bactériens causés par *Ralstonia solanacearum* dont l'importance est majeure au Burkina Faso (Traoré et al., 2020), des symptômes typiques d'attaques fongiques sont couramment observés sur les plantes de tomate au champ ou/et après la récolte des fruits.

Ces symptômes sont, entre autres, des flétrissements et pourritures observés au niveau du collet des plantes, des pourritures de tiges et des fruits immatures, des dessèchements des feuilles ou encore des dépôts noirâtres sur les fruits. Face à ces maladies, les documentations techniques visant leur contrôle manquent dans le pays et les producteurs, laissés à eux-mêmes, s'adonnent à une utilisation inappropriée

de pesticides chimiques pour limiter les dégâts sur les cultures (Toé, 2010 ; Naré et al., 2015 ; Son et al., 2017 ; Son et al., 2018).

La mise au point de méthodes de lutte efficaces, durables et peu polluantes contre les maladies nécessite une identification des agents pathogènes incriminés et une bonne connaissance de leur biologie et écologie. C'est dans ce contexte que s'intègre cette étude qui vise à inventorier les agents pathogènes fongiques présents sur la tomate en culture et sur les semences commercialisées au Burkina Faso.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Échantillonnage de plantes et semences de tomate

Des plantes de tomates malades ont été collectées dans 45 sites maraîchers de 11 des 13 régions du Burkina Faso (Cascades, Hauts-Bassins, Boucle du Mouhoun, Nord, Plateau central, Centre, Centre-Sud, Centre-Ouest, Sud-Ouest, Est et Centre-Est) (**Figure 1**, **Tableau 1**). Les plantes flétries, ainsi que les feuilles ou les fruits présentant des affections telles que des taches brunes, des dessèchements et des pourritures du collet et des racines, ont été collectées. Une description des symptômes a été réalisée. Les 228 échantillons collectés ont été conditionnés dans des sacs en plastique puis transportés au laboratoire dans des glacières pour identification et analyses des agents pathogènes.

Des lots de semences de tomates (**Tableau 2**) ont également été collectés sur le marché local ou transmis par les firmes de production et de commercialisation.

2.2. Isolement des champignons à partir des organes de plantes malades

L'isolement des champignons associés aux symptômes visibles a été réalisé par la culture des fragments végétaux en boîtes de Petri sur milieu Potato dextrose agar (PDA)/Chloramphénicol (0,20 g.l⁻¹). Préalablement, les échantillons de plantes présentant des symptômes ont été lavés à l'eau et découpés en fragments de 2 à 4 cm. Ceux-ci ont été désinfectés superficiellement dans de l'alcool (70 %) pendant

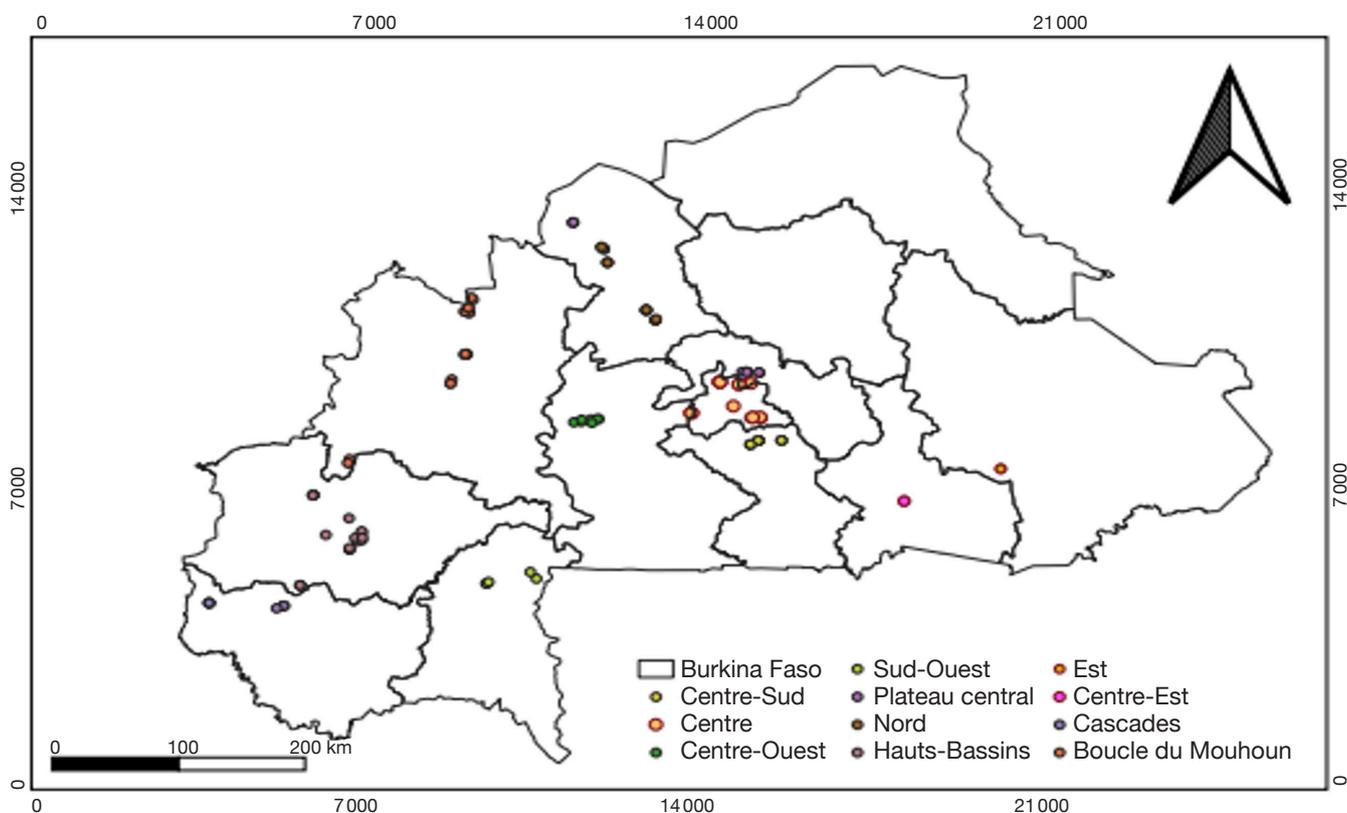


Figure 1. Zones de collecte des échantillons de tomate analysés dans cette étude au Burkina Faso — *Origins of tomato samples analyzed in this study in Burkina Faso.*

Source : Base Nationale de Données Topographiques (BNDT), 2012.

Tableau 1. Sites maraichers prospectés au Burkina Faso — *Market garden sites surveyed in Burkina Faso.*

Région	Nombre de sites maraichers	Nombre d'échantillons par région	Sites maraichers
Boucle du Mouhoun	7	28	Nianssan, Di, Nianssankoura, Sonno, Kouka, Badala, Dedougou
Cascades	3	8	Niantounou, Banfora, Lemouroudougou
Centre	6	15	Tintilou, Roumde, Koubri, Pabre, Noomgana, Ouaga2000
Centre-Est	1	20	Tenkogogo
Centre-Ouest	4	7	Tenado, Goundi, Thior, Koukouldi
Centre-Sud	1	4	Piindigua
Est	1	2	Nagre
Hauts-Bassins	8	69	Kibi, Kuinima, Leguema, Dande, Danfinso, Sossogona, Toussiana, Tolotama
Nord	6	31	Soumyaga, Berenga, Dourou, Titao, Goinre
Tihou			
Plateau central	6	39	Ziniare, Goe, Nakamtega, Goaguin, Loumbila-barrage, Kourtiourguin
Sud-Ouest	2	5	Diebougou, Dissin
Total	45	228	

Tableau 2. Origines et caractéristiques des lots de semences de tomate analysés — *Origins and characteristics of the tomato seed samples tested.*

Variété	Cycle de production (JAR)	Période de production	Origine
Cobra 26 F1	65 jours	Saison sèche fraîche	Nankosem
FBT1	80 jours	Saison pluviale	INERA
FBT2	75 jours	Saison pluviale	INERA
FBT3	70 jours	Saison pluviale	INERA
Jaguar F1	65 jours	saison sèche fraîche et chaude	Nankosem
Jampakt F1	65-70 jours	Saison sèche et fraîche	Nankosem
Kanon F1	75-85 jours	Saison sèche et fraîche	Nankosem
Mongal F1	65 jours	Saison sèche et fraîche	Nankosem
Petomech	70-80 jours	Saison sèche et fraîche	Nankosem
Raïssa F1	65-70 jours	Saison sèche et fraîche	Boutique phytosanitaire
Rio Grande	80 jours	Saison sèche et fraîche	Boutique phytosanitaire
Rodeo F1	70 à 80 jours	Saison sèche fraîche et chaude	Nankosem
Roma VF	70-80 jours	Saison fraîche	Boutique phytosanitaire
Rossol VFN	75-80 jours	Toutes les saisons	Boutique phytosanitaire
Savana F1	70 à 75 Jours	Saison sèche fraîche et chaude	Nankosem
Symbal F1	70-75 jours	Saison sèche et fraîche	Nankosem
Tropimech	70-75 jours	Saison fraîche	Nankosem

JAR : jour après repiquage — *day after transplanting* ; INERA : Institut de l'environnement et de recherches agricoles ; Nankosem : structure de production et de commercialisation des semences (cultures maraichères) — *seed production and marketing structure (market garden crops)*.

30 sec puis dans de l'eau de Javel (1 %) pendant 1 min et enfin rincés à l'eau distillée stérile trois fois. Après séchage superficiel sous hotte, les fragments ont été déposés sur le milieu de culture et mis en incubation sous lumière proche UV (tubes de lumière noire Phillips TL 40W/80) 12 h alternées avec l'obscurité (12 h) à 25 °C. Après trois jours d'incubation, chaque colonie de champignon a été transférée individuellement dans une nouvelle boîte contenant du PDA/Chloramphénicol. Les isolats ainsi obtenus ont été transférés en tube et mis en conservation à 4 °C sous paraffine.

2.3. Évaluation de la qualité sanitaire des semences

L'analyse sanitaire des semences a été faite selon les normes de l'ISTA (Mathur & Kongsdal, 2003). Pour chaque lot, 200 graines ont été réparties dans huit boîtes de Petri (25 graines par boîte) sur trois rondelles de papier buvard stérile humidifié à l'eau stérile. Après incubation pendant sept jours à 25 °C et 12 h lumière/jour, la fréquence d'infection des graines par des champignons et leur identification morphologique a été réalisée comme décrit ci-dessous. Afin de mettre en évidence les agents infectieux présents au sein des graines, les semences ont été semées dans des vases

de végétation contenant du sable stérile. Les plantules ont été récoltées 28 jours après semis pour l'évaluation sanitaire selon la méthode du papier buvard. Cette méthode consiste à disposer les fragments (1 cm environ) prélevés des parties de la plantule (feuilles, tige et racines) (avec ou sans symptômes) et de les disposer dans une boîte de Petri contenant trois rondelles du papier buvard humidifiées à l'eau distillée stérile et de les incuber dans les conditions identiques à celles décrites ci-dessus pendant une semaine. Le dispositif expérimental a été complètement randomisé avec 14 lots de semences (traitements) et quatre répétitions par traitement qui sont constituées de 5 plantules, pour un total de 20 plantules par lot.

2.4. Identification morphologique et moléculaire des agents isolés

La caractérisation morphologique des agents isolés sur milieu de culture ou observés sur semences ou plantules en croissance a été effectuée à l'aide d'une loupe, d'un microscope et des clefs d'identification (Mathur & Kongsdal, 2003 ; Blancard et al., 2009 ; Crous & Groenewald, 2014 ; Jones et al., 2014). Les principaux types morphologiques des agents isolés sur milieux ont été classés.

Un échantillon de chaque type déjà purifié a été mis en croissance par repiquage d'un apex mycélien sur PDA et incubé à $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. Après une semaine de croissance, les isolats ont été collectés pour l'extraction de l'ADN selon le protocole de CTAB décrit par Lee & Taylor (1990).

L'identification moléculaire de ces types morphologiques a ensuite été réalisée par le séquençage d'une région de l'ADN ribosomal, comprenant les espaceurs internes transcrits (ITS) 1 et 2 et le gène 5.8S (White et al., 1990). Cette région a été amplifiée par PCR avec les amorces ITS5 (GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG) et ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) (White et al., 1990) au moyen d'un thermocycleur (iCycler, BioRad, Allemagne). Le mélange réactionnel était composé de $13,125\ \mu\text{l}$ d'eau DEPC, $5\ \mu\text{l}$ de tampon de Taq ADN polymérase (Promega, Madison, USA $10 \times 2,5\ \text{mM}$), $2,5\ \mu\text{l}$ de MgCl_2 ($25\ \text{mM}$, Promega), $0,75\ \mu\text{l}$ de dNTP ($2,5\ \text{mM}$), $0,5\ \mu\text{l}$ de chaque amorce ITS5 & ITS4 ($20\ \text{mM}$ chacun), $0,125\ \mu\text{l}$ de Taq ADN polymérase ($5\ \text{u}\cdot\mu\text{l}^{-1}$, Gotaq Promega) et $2,5\ \mu\text{l}$ de l'extrait ADN de chaque souche. L'amplification a été réalisée selon les étapes suivantes : dénaturation initiale à 94 °C pendant 3 min, 35 cycles de dénaturation à 94 °C pendant 30 sec, hybridation à 56 °C pendant 30 sec et extension à 72 °C pendant 1 min, et ensuite une extension finale de 72 °C pendant 7 min.

Les produits PCR ont été visualisés sur un gel d'agarose ($1,2\%$) et leur séquençage a été effectué par Microsynth Seqlab GmbH (Allemagne). Les séquences ainsi obtenues ont été alignées avec le logiciel BioEdit et comparées par Blastn à la base de données du NCBI pour rechercher les similitudes avec les séquences d'espèces connues. Les séquences ont été déposées sur NCBI.

2.5. Analyse statistique

Les données de la prévalence des espèces transmises par la semence selon les lots ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel SPSS 22.0 et les moyennes ont été comparées selon le test de Duncan au seuil de 5% .

3. RÉSULTATS

3.1. Prévalence des mycètes associés aux pourritures de la tomate

Les symptômes observés étaient de nature très variée en culture de la tomate sur tous les organes et dans les différents sites (**Tableau 3**). Au total, 228 échantillons de plantes ont été collectés dans 45 sites maraichers au cours des investigations.

Les isollements sur milieux de culture réalisés à partir des échantillons collectés ont permis d'inventorier les agents fongiques en présence sur la base des caractéristiques morphologiques, des structures fongiques ou de la caractérisation moléculaire (**Tableau 4**).

Au total, 32 espèces fongiques ont été isolées et identifiées. Elles sont répertoriées et classées dans le **tableau 3** selon leurs types écologiques, tels que agents phytopathogènes associés à des maladies sur plantes ou des moisissures sur fruits (en pré- et post- récolte) ou espèces déjà décrites dans la littérature comme agents de contrôle biologique.

Sur les parties aériennes (feuille, fruit et tige), deux espèces du genre *Alternaria* (*Alternaria* sp. et *A. solani*) ont été recensées avec des fréquences variant, selon les régions, de 4 à 60% et de 0 à 100% , respectivement. Ces espèces étaient associées à des nécroses brunes circulaires sur les feuilles, tiges et fruits (**Tableau 3**). Plusieurs espèces de *Fusarium*, identifiées sur base morphologique, dont *F. equiseti*, *F. oxysporum* et *F. solani*, ont été mises en évidence avec des prévalences élevées (50 à 100%) dans les régions du Centre, de l'Est, du Centre-Ouest et du Sud-Ouest. L'espèce *F. oxysporum* a été la plus fréquemment isolée, avec une moyenne globale de $66,4\%$. Cette espèce est présente dans toutes les régions. *Fusarium equiseti* a été principalement isolée à partir de feuilles et de fruits pourris alors que *F. oxysporum* et *F. solani* ont été isolées de racines nécrosées ou de collets de plantes présentant des symptômes de flétrissement. Des isolats de *Geotrichum candidum*, l'espèce responsable de la pourriture aigre, ont été obtenus très fréquemment à partir de tiges, feuilles et fruits fendus accompagnés d'une patte blanche et humide au point de la fente. Quant à *Botrytis cinerea*, l'agent causal de la pourriture grise, cette espèce polyphage a été isolée d'échantillons de tiges, feuilles et fruits collectés dans huit des 11 régions visitées avec une fréquence de $24,1\%$. *Colletotrichum* sp. a été mis en évidence dans sept régions avec une fréquence moyenne de $27,3\%$ et majoritairement à partir de masses noires rugueuses et circulaires présentes sur les fruits. Deux espèces du genre *Aspergillus*, *A. flavus* et *A. brasiliensis*, ont été isolées majoritairement de fruits pourris.

D'autres espèces bien connues comme phytopathogènes ont été isolées, de façon plus sporadique, des parties souterraines des plantes, au niveau des collets ou racines : *Rhizoctonia solani* associé à des pourritures sèches et des flétrissements, et *Athelia rolfsii* et *Sclerotinia sclerotiorum* isolés des plantes présentant des mycelia blancs envahissant le collet ou les racines avec de gros sclérotés brun ou noir. Un isolat de *Didymella lycopersici*, agent de la maladie du pied noir, a été obtenu sur un seul échantillon de tige présentant des taches noires et collecté dans la région des Hauts-Bassins.

Tableau 3. Fréquences d'espèces fongiques (Fungi et Oomycètes) isolées d'organes de tomate collectées sur les sites maraichers au Burkina Faso et présentant des symptômes de pourriture — *Frequency of fungal species (Fungi and Oomycetes) isolated from tomato plants collected on market garden sites in Burkina Faso and showing disease symptoms.*

	Fréquence d'agents observés sur la tomate dans 11 régions du Burkina Faso											Localisation des détections				Symptômes observés		
	HB (69)	PC (39)	N (31)	BM (28)	Ca (8)	C (15)	E (2)	CE (20)	CO (7)	CS (4)	SO (5)	Pays (228)	R	C	T		Fe	Fr
	5	10	6	7	25	53	50	5	57	25	60	27,6	-	-	xxx		xxx	xxx
Champignons et oomycètes phytopathogènes																		
<i>Alternaria</i> sp.*	5	10	6	7	25	53	50	5	57	25	60	27,6	-	-	xxx	xxx	xxx	Taches brunes nécrotiques sur les feuilles, les tiges et les fruits
<i>Alternaria solani</i>	26	33	15	32	0	37	0	0	100	0	40	26,9	-	x	xxx	xxx	xxx	Taches brunes nécrotiques sur les feuilles, les tiges et les fruits
<i>Athelia rolfsii</i> *	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	xxx	x	-	-	-	Mycélium blanc lisse envahissant le système racinaire et du collet avec présence de gros sclérotés noirs
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0,4	x	-	x	-	-	Pas de symptômes observés
<i>Boeremia exigua</i>	10	3	3	0	13	0	0	0	14	0	0	4,7	xxx	xxx	xx	xx	xx	Taches noires au niveau du pied de la tige
<i>Botrytis cinerea</i>	14	21	9	4	0	33	0	15	100	50	20	24,1	x	x	xxx	xxx	xxx	Moississures grises présentes sur les fruits, sur les feuilles et sur les tiges
<i>Cercospora kitachii</i>	0	23	0	0	0	33	0	0	72	0	20	13,4	-	-	x	xxx	x	Taches noires dispersées sur toute la feuille, la tige et le fruit
<i>Colletotrichum truncatum</i> *	20	18	12	32	25	0	50	5	30	0	60	27,4	x	xx	xxx	xxx	xxx	Masses noires rugueuses sur les fruits, tiges et souvent sur les feuilles
<i>Curvularia chiangmaiensis</i> *	4	15	6	11	38	13	5	0	9	5	0	11,8	x	x	x	x	-	Taches brunes sur les feuilles accompagnées de jaunissements
<i>Curvularia pallescens</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2,1	x	-	x	-	-	Taches brunes sur les feuilles accompagnées de jaunissements

/..

Tableau 3 (suite 1). Fréquences d'espèces fongiques (Fungi et Oomycètes) isolées d'organes de tomate collectées sur les sites maraichers au Burkina Faso et présentant des symptômes de pourriture — *Frequency of fungal species (Fungi and Oomycetes) isolated from tomato plants collected on market garden sites in Burkina Faso and showing disease symptoms.*

	Fréquence d'agents observés sur la tomate dans 11 régions du Burkina Faso													Localisation des détections					Symptômes observés
	HB (69)	PC (39)	N (31)	BM (28)	Ca (8)	C (15)	E (2)	CE (20)	CO (7)	CS (4)	SO (5)	Pays (228)	R	C	T	Fe	Fr		
<i>Didymella lycopersici</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	x	x	-	-	-	Taches noires au niveau du collet	
<i>Ectophoma multirostrata*</i>	10	10	0	0	0	0	50	5	0	0	0	6,8	xxx	xxx	xx	xx	xx	Pourriture des fruits et présent sur les racines des plantes flétries	
<i>Fulvia flava</i>	26	31	0	7	0	0	0	5	0	75	0	13,5	xx	x	x	xxx	xxx	Pourriture des fruits, taches sombre sur les feuilles et les tiges	
<i>Fusarium equiseti</i>	12	10	27	10	25	13	50	10	57	0	0	19,5	-	-	x	xxx	xxx	Présence de mycélium blanc sur les fruits pourris	
<i>Fusarium oxysporum</i>	50	79	48	39	88	100	100	30	71	25	100	66,4	xxx	xxx	x	-	-	Pourriture du collet et des racines, plantes flétries	
<i>Fusarium solani</i>	7	3	10	7	13	3	0	0	0	0	50	8,4	xxx	xxx	-	-	-	Plantes présentant des pourritures racinaires	
<i>Lasiotiodia sp.*</i>	9	21	15	0	0	33	0	0	0	25	20	11,1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	Taches sur les fruits et les tiges	
<i>Macrophomina phaseolina*</i>	3	31	3	0	13	13	0	15	0	15	0	8,5	xxx	xxx	-	-	-	Pourritures racinaires	
<i>Paramyrothecium roridum*</i>	1	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	-	x	xxx	-	-	Plantes desséchées avec taches sur les collets	
<i>Phytophthora nicotianae</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	1,4	x	x	-	-	-	Présence de taches noires grisâtres sur la moitié basale des fruits et de mycélium gris blanchâtre au niveau du collet	
<i>Rhizoctonia solani*</i>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	25	20	3,4	xxx	xx	-	-	-	Pourriture des racines, plantes flétries	
<i>Sclerotinia sclerotiorum*</i>	1	3	0	7	13	7	0	0	0	0	40	5,8	xxx	x	-	-	-	Mycélium blanc envahissant le système racinaire	

./..

Tableau 4. Identification moléculaire des agents fongiques isolés sur la tomate dans cette étude — *Molecular identification of isolated fungal agents on tomato plant in this current study.*

Code des isolats analysés	N° d'accession ¹	Genre/espèce	Organe de la tomate	Origine	Année de collecte
Cd1/34	OQ134739	<i>Colletotrichum</i> sp.	Racine	Hauts Bassins, Kuinima	2018
CD2/34 Fe	OQ134740	<i>Colletotrichum</i> sp.	Feuille	Hauts Bassins, Kuinima	2018
MP/E19	OQ134741	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Fruit	Hauts Bassins, Leguema	2018
BT/E47T	OQ134742	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	Tige	Plateau central, Noomgana	2018
Aa/E209	OQ134743	<i>Alternaria</i> sp.	Feuille	Plateau central, Noomgana	2019
BT/E49Fr	OQ134744	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	Fruit	Plateau central, Goe	2019
Af/E44T	OQ134745	<i>Aspergillus flavus</i>	Tige	Plateau central, Noomgana	2018
Af/E8	OQ134746	<i>Aspergillus flavus</i>	Feuille	Hauts Bassins, Kibi	2018
Mr/E60 C	OQ134747	<i>Paramyothecium roridum</i>	Collet	Nord, Gouinre	2018
Bt/E154bf	OQ134748	<i>Alternaria</i> sp.	Feuille	Plateau central, Noomgana	2019
Cl /E8	OQ134749	<i>Curvularia chiangmaiensis</i>	Feuille	Hauts Bassins, Kibi	2018
Ps1/E56 FE	OQ134750	<i>Epicoccum sorghinum</i>	Feuille	Nord, Berenga	2018
Ps2/FE	OQ134751	<i>Epicoccum sorghinum</i>	Feuille	Nord, Berenga	2018
Mz/E43T	OQ134752	<i>Chaetomium globosum</i>	Tige	Nord, Dourou	2018
Rs/E32R	OQ134753	<i>Rhizoctonia solani</i>	Racine	Hauts Bassins, Leguema	2018
Sr/E30C	OQ134754	<i>Athelia rolfsii</i>	Collet	Hauts Bassins, Leguema	2018
Mp/E49Fr	OQ134755	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Racine	Plateau central, Goe	2018
PI/E48T	OQ134756	<i>Ectophoma multirostrata</i>	Tige	Plateau central, Goe	2018
DI/E14C	OQ134757	<i>Colletotrichum</i> sp.	Collet	Hauts Bassins, Kuinima	2018
Cd/E54F	OQ134758	<i>Colletotrichum</i> sp.	Fruit	Nord, Somyaga	2018
Mp/44C	OQ134759	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Collet	Plateau central, Ziniare	2018

¹ : numéro d'accession des séquences des isolats de la présente étude déposées dans la base de données NCBI — *accession number of the sequences of the isolates in this study deposited in the NCBI database* ; Les séquences issues de l'amplification des régions ITS et 5.8S de l'ADN ribosomal des souches de cette étude ont été déposées dans la base de données NCBI — *Sequences from the amplification of ITS and 5.8S ribosomal DNA regions of isolated strains of this study were deposited in NCBI database.*

D'autres espèces connues comme polyphages ont été mises en évidence à des fréquences moyennes à faibles : *Macrophomina phaseolina* (8,5 %) et *Verticillium* sp. (1,4 %) ont été isolés à partir de nécroses et pourritures de racines et collets et *Phytophthora nicotianae* (1,4 %) au départ de taches grises sur un fruit. Plusieurs autres espèces ont aussi été mises en évidence à partir de tous les organes de la plante et particulièrement des fruits présentant des pourritures : *Aspergillus flavus* (7,1 %), *A. brasiliensis* (22,7 %), *Penicillium* sp. (9,4 %), *Rhizopus* sp. (25,7 %) et *Fulvia fulva* (13,3 %), *Lasiodiplodia* sp. (11,1 %), *Epicoccum* sp. (57,0 %), *Ectophoma multirostrata* (6,8 %), *Boeremia exigua* (4,7 %) et *Colletotrichum* sp. (27,4 %). Des isolats de *Trichoderma* sp. et *Chaetomium globosum* ont aussi été isolés à partir de systèmes racinaires des plantes (**Tableau 3**).

Au total, 32 espèces fongiques pathogènes ont été identifiées sur les plantes malades de tomate provenant

des 11 régions du Burkina Faso. Leur prévalence varie selon les régions. Le nombre d'espèces isolées a été plus élevé sur les échantillons provenant de la région des Hauts-Bassins (24 espèces), du Plateau central (25 espèces), du Nord (18 espèces) et de la Boucle du Mouhoun (20) par rapport aux autres régions prospectées, mais le nombre de sites visités y a été généralement plus important (> 5).

3.2. État sanitaire des semences

L'évaluation sanitaire des lots de semences, basée sur l'observation de structures fongiques en développement sur les graines en conditions humides, a révélé la présence de deux espèces fongiques (**Figure 2**). *Aspergillus flavus* a été observé dans quatre lots, sur les variétés Rio Grande, Roma VF, Tropimech et Rossol à des prévalences variant entre 20 et 45 % et la présence de *Fusarium* sp. a été observée sur les variétés Symbol,

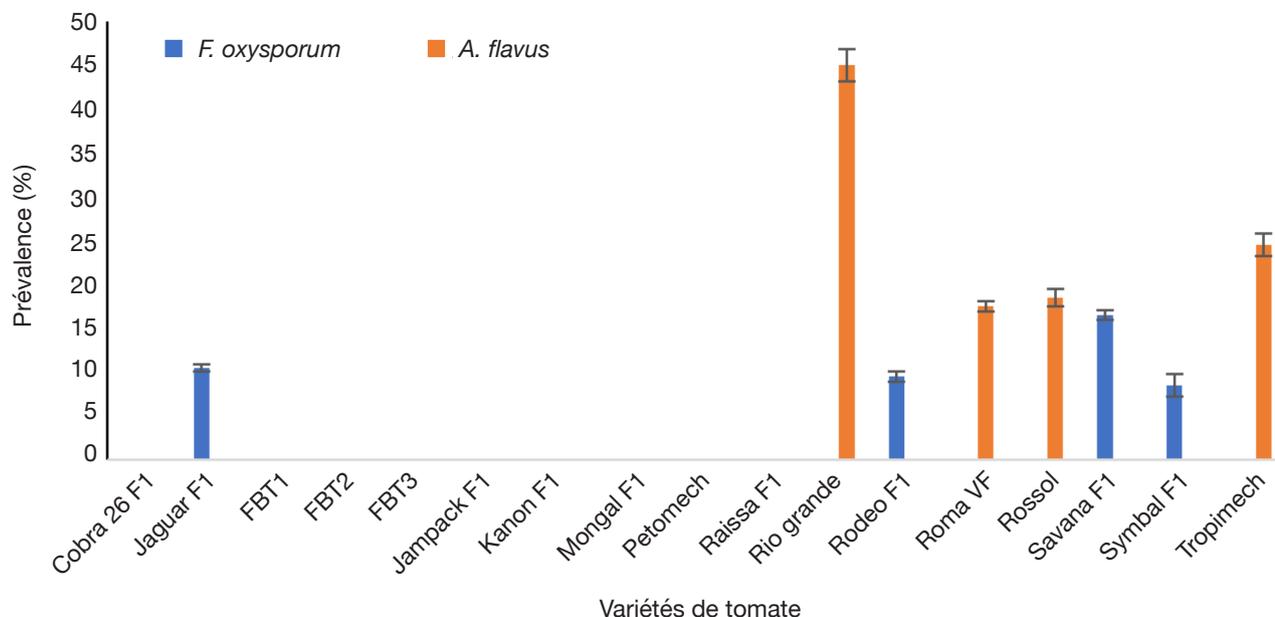


Figure 2. Prévalence de *Fusarium* sp. et *Aspergillus flavus* sur les semences des variétés de tomate disponibles au Burkina Faso — *Prevalence of Fusarium sp. and Aspergillus flavus on seeds of tomato varieties available in Burkina Faso.*

Jaguar, Savana et Rodeo à des fréquences variant entre 5 et 20 %.

L'évaluation sanitaire des plantules issues de ces lots de semences mises en croissance sur sable stérile a révélé que les semences sont porteuses de plusieurs espèces fongiques phytopathogènes. Au total, 10 espèces distinctes ont été identifiées. Les taux d'infection et les fréquences des espèces fongiques diffèrent d'une variété à une autre ou d'un lot à l'autre (Tableau 5). Toutes variétés confondues, les prévalences les plus élevées ont été observées pour *F. oxysporum* (de 65 % à 100 % selon les variétés, en moyenne 87 %), *Epicoccum* sp. (de 38 % à 95 % selon les variétés, en moyenne 55 %) et *Colletotrichum* sp. (de 0 % à 88 % à selon les variétés, en moyenne 38 %). Ces trois espèces ont été rencontrées sur quasi toutes les variétés testées. Trois autres espèces, *F. solani* (0 % à 57 %), *C. kikuchii* (23 % à 57 %) et *B. cinerea* (2 % à 28 %) étaient aussi souvent rencontrées. L'analyse statistique révèle qu'il y a une différence hautement significative entre les prévalences des différentes espèces fongiques sur les différentes variétés testées ($p < 0,05$) à l'exception des espèces *B. cinerea* ($p = 0,12$), *E. rostratum* ($p = 0,16$) et *Alternaria* sp. ($p = 0,57$) nettement moins fréquentes et pour lesquelles aucune différence n'a été mise en évidence.

4. DISCUSSION

L'objectif de la présente étude vise à faire un état des lieux des espèces fongiques cultivables associées

aux symptômes sur la tomate au Burkina Faso afin de mettre en évidence les espèces phytopathogènes prévalentes pour orienter ensuite vers des stratégies de contrôle adaptées.

L'analyse des échantillons collectés a permis d'identifier 32 espèces fongiques, dont 26 espèces connues pour leur pathogénicité sur la tomate et dont les prévalences varient en fonction des localités.

La diversité des espèces observées selon les régions peut cependant être liée à la taille de l'échantillonnage qui a été nettement plus élevée dans les régions des Hauts-Bassins (8 sites maraichers) et du Plateau central (6 sites maraichers) (69 et 30 échantillons collectés, respectivement) que dans les régions des Cascades et de l'Est, où seuls quelques échantillons ont été collectés en raison des problèmes d'insécurité dans ces régions et de la crise sanitaire.

L'identification des espèces fongiques rencontrées sur les échantillons a permis d'associer plusieurs espèces pathogènes à des symptômes caractéristiques de dégâts observés aux champs et décrits ci-dessous en fonction de leur origine et des organes infectés.

4.1. Champignons ou oomycètes d'origine tellurique infectant les racines ou le collet des plantes

Fusarium oxysporum et *Verticillium* sp. sont bien connus en tant que principaux champignons responsables de maladies vasculaires chez la tomate et d'autres cultures (Blancard et al., 2009 ; Beranger et al., 2016 ; Joshi, 2018 ; Srinivas et al., 2019).

Tableau 5. Prévalences des champignons observés sur les plantules issues de 14 lots de graines de tomate — *Prevalences of fungi observed on seedlings from 14 tomato seed samples.*

Variété	Espèces fongiques									
	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Epicoccum sp.</i>	<i>Colletotrichum sp.</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cercospora kikuchii</i>	<i>Fulvia fulva</i>	<i>Paranerothecium roridum</i>	<i>Exserohilum rostratum</i>	<i>Alternaria sp.</i>
Cobra 26 F1	100 ^c	0 ^a	48 ^{ab}	0 ^a	28	33 ^{ab}	15 ^{abc}	15 ^{bcde}	0	0
Fbt1	65 ^a	2 ^a	55 ^{abc}	70 ^d	28	45 ^{bc}	68 ^f	0 ^a	0	5
Fbt2	98 ^c	12 ^{ab}	45 ^{ab}	18 ^b	2	27 ^a	12 ^{ab}	7 ^{abc}	0	2
Fbt3	78 ^{abc}	18 ^b	70 ^{bcd}	70 ^d	20	32 ^{ab}	47 ^{de}	13 ^{abcde}	3	2
Jampakt	92 ^{bc}	0 ^a	45 ^{ab}	0 ^a	18	27 ^a	27 ^{bcd}	17 ^{bcde}	0	0
Kanon F1	68 ^{ab}	43 ^c	95 ^d	88 ^e	22	45 ^{bc}	43 ^{de}	12 ^{abcde}	3	2
Mongal	87 ^{abc}	2 ^a	45 ^{ab}	20 ^b	5	23 ^a	0 ^a	13 ^{abcde}	0	2
Petomech	97 ^c	0 ^a	40 ^a	2 ^a	15	33 ^{ab}	13 ^{ab}	18 ^{cde}	0	0
Raissa F1	83 ^{abc}	8 ^{ab}	55 ^{abc}	62 ^d	20	37 ^{ab}	43 ^{de}	23 ^{de}	2	0
Rio grande	70 ^{ab}	57 ^d	80 ^{cd}	67 ^d	25	57 ^c	48 ^e	25 ^e	5	0
Roma vf	85 ^{abc}	35 ^c	70 ^{bcd}	70 ^d	28	32 ^{ab}	53 ^{ef}	13 ^{abcde}	2	2
Rossol	87 ^{abc}	0 ^a	38 ^a	28 ^b	5	47 ^{bc}	40 ^{de}	10 ^{abcd}	2	0
Symbal F1	90 ^{bc}	2 ^a	40 ^a	43 ^c	20	30 ^{ab}	35 ^{cde}	10 ^{abcd}	0	2
Tropimech	98 ^c	0 ^a	40 ^a	0 ^a	10	32 ^{ab}	15 ^{abc}	3 ^{ab}	0	2
Fréquences moyennes (%)	87	10,4	54,5	38,3	16,6	35,9	28,2	13,7	1,7	1,4
F. value	2,3	24,2	4,3	67,8	1,6	3,4	8,8	2,8	1,5	0,9
Probabilité (p-value)	0,02*	0,00**	0,00**	0,00**	0,12	0,00**	0,00**	0,01*	0,16	0,57

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon l'ANOVA réalisée avec le test de Duncan au seuil de 5 % (Logiciel SPSS 20.0) — *Means followed by the same letter in the same column are not significantly different according to ANOVA performed with Duncan's test at the 5% threshold (SPSS 20.0 software)* ; * : significant — *significant* ; ** : hautement significative — *highly significant*.

Ces champignons ont été identifiés dans nos échantillons de plantes flétries et nos résultats révèlent clairement que *F. oxysporum* est nettement plus répandu. En effet, ce champignon était presque omniprésent et prédominant sur tous les sites prospectés. Des pertes évaluées à près de 60 à 80 % ont été observées sur certains sites maraichers visités au Burkina Faso, notamment à Noomgana, une commune rurale de la région du Plateau central en 2019 (communication personnelle).

De plus, sur le site maraicher de Dogona (une commune urbaine de Bobo-Dioulasso dans la région des Hauts-Bassins), la production de tomates a été systématiquement abandonnée par les producteurs après avoir enregistré près de 90 à 100 % de pertes dues à ce pathogène.

Des niveaux de dégâts d'une même ampleur ont également été rapportés dans d'autres pays africains, tels que la Tunisie et le Bénin (Hajlaoui et al., 2001 ; Sirikou et al., 2001).

Au sein de l'espèce *F. oxysporum*, deux sous-espèces sont rapportées sur la tomate, à savoir *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, responsable du flétrissement vasculaire et *F. oxysporum* f. sp. *radici-lycopersici*, responsable de la pourriture des racines et du collet. L'identification des espèces du genre *Fusarium* a été faite dans cette étude sur une base morphologique. Le séquençage des régions ITS chez *Fusarium* ne permet pas de différencier les espèces ou formes spéciales (O'Donnell et al., 1998).

Il convient donc de poursuivre la caractérisation par des tests de pathogénicité et le séquençage d'autres gènes plus discriminants tels que le facteur d'élongation 1-alpha, etc. pour déterminer la diversité au sein des espèces de ce genre. Dans plusieurs sites (Léguéma, Toussiana, Kuinima, Kibi, Kodeni et Benvar), le flétrissement des plantes de tomate par *F. oxysporum* était associé à l'infestation des sites par des nématodes (communication personnelle).

Athelia rolfsii (syn. *Sclerotium rolfsii*) et *Sclerotinia sclerotiorum* sont identifiables par la formation d'un mycélium blanc dense et la formation de sclérotés. Ces espèces se différencient par la couleur des sclérotés, brun et noir, respectivement. *Rhizoctonia rolfsii* et *Phytophthora nicotianae* ont été isolées de plantes flétries ou de pourritures du collet et des racines.

L'ensemble de ces agents fongiques ou oomycètes, respectivement, vivent dans le sol et s'attaquent aux parties souterraines de la tomate et d'autres cultures (Leslie & Summerell, 2006 ; Blancard et al., 2009 ; Béranger et al., 2016). Tous ces agents telluriques survivent pendant des périodes plus ou moins prolongées sur les débris végétaux et dans le sol sous forme de structures telles que des chlamydospores, pour *F. oxysporum* et *P. nicotianae* ou des sclérotés, pour *S. sclerotiorum*, *A. rolfsii* et *R. solani*, ou encore

des microsclérotés, pour *Verticillium* sp. La culture des plantes non hôtes pendant plusieurs saisons permet de réduire l'inoculum présent dans le sol.

4.2. Champignons isolés des organes aériens

Sur les parties aériennes des plantes, *F. equiseti* a été fréquemment isolé sur les fruits altérés et les feuilles de la tomate. Les espèces *Alternaria solani* et *Alternaria* sp. ont été retrouvées sur les feuilles, les tiges et les fruits présentant des symptômes de jaunissement avec des taches brunes circulaires.

Ces symptômes correspondent à ceux décrits par Blancard et al. (2009) et sont communément connus sous le nom de « early blight ». Ces agents de pourriture noire infectent la tomate, réduisent la surface photosynthétique de la plante et entraînent des pertes significatives lors de la récolte (Kemmit, 2013 ; Béranger et al., 2016).

Colletotrichum sp., l'agent responsable de l'anthracnose de la tomate (Saini et al., 2017), a été principalement retrouvé sur les fruits pourris, présentant des masses noires rugueuses, ainsi que sur les tiges et les feuilles, tout comme *Lasiodyplodia* sp. (Quimbata-Reyes et al., 2022). Ces champignons peuvent également être transmis par les semences (Champion, 1997). Une autre espèce très répandue, *Botrytis cinerea*, a fréquemment été observée sur des fruits ou d'autres organes en décomposition, présentant une pourriture grisâtre. Cet agent pathogène est hautement polyphage, mais il peut également agir en tant qu'opportuniste, profitant des blessures lors de la croissance des bourgeons sur les tiges, ainsi que de diverses sources nutritionnelles potentielles, telles que les parties florales, pour pénétrer les tissus végétaux et s'y établir (Champion, 1997 ; Staats et al., 2005 ; Blancard et al., 2009 ; Béranger et al., 2016).

Par ailleurs, des espèces saprophytes connues pour se développer sur la végétation en décomposition sur des produits en conservation telles que *A. niger*, *A. flavus*, *Penicillium* sp. et *Rhizopus* sp. ont également été identifiées. Elles ont été observées sur tous les organes de la plante de tomate, mais elles sont plus abondantes sur les fruits avant et après la récolte, et souvent avant leur maturation.

La présence accrue de ces champignons sur les fruits peut être attribuée à leur teneur élevée en eau, qui les rend juteux à maturité. Cependant, en cas de fort taux d'humidité, ils deviennent dangereux et susceptibles de se comporter en pathogène (Champion, 1997 ; Agrios, 2005). La capacité des *Aspergillus* spp. et *Penicillium* sp. (Perrone & Susca, 2017) à produire des mycotoxines (aflatoxines, ochratoxines, patuline, etc.) dans les aliments invite à être vigilants sur la potentielle présence de mycotoxines (Aborisade et al., 2017).

4.3. Champignons associés aux semences

L'analyse sanitaire réalisée sur base de l'observation directe des semences n'a révélé la présence que de deux genres/espèces : *Fusarium* sp. et *A. flavus*. L'étude effectuée sur les organes des plantules issues des semences de plusieurs variétés a cependant révélé une diversité d'espèces avec des prévalences variables. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les semences sont généralement enrobées avec des fongicides chimiques de contact qui limitent leur développement fongique sur les graines. Lorsque l'embryon est infecté par une espèce pathogène, celle-ci peut se développer dans une phase ultérieure du développement de la plante. C'est ainsi que la présence de certaines espèces qui n'avaient pas été observées sur les graines a été mise en évidence.

Les champignons les plus fréquemment rencontrés sur les plantules des différentes variétés ont été *F. oxysporum* (65 % à 100 %), *Epicoccum* sp. (38 % à 95 %), *F. solani* (0 % à 57 %), *Colletotrichum* sp. (0 % à 88 %), *F. fulva* (0 à 68 %), *C. kikuchii* (23 % à 57 %) et *B. cinerea* (2 % à 28 %).

Ces taux élevés d'infection sur les plantules pourraient s'expliquer par le fait que les fongicides de contact utilisés en traitement de semences n'empêchent pas le développement d'agents pathogènes présents à l'intérieur des graines. Par ailleurs, les micro-organismes qui infectent les semences sont en partie responsables de maladies d'importance variable observées au champ (Champion, 1997).

La cladosporiose, l'antrachnose et certaines fusarioses (pourriture du collet et des racines) sont des maladies transmises par les semences et responsables d'importants dégâts sur les cultures telles que la tomate (Champion, 1997 ; Beranger et al., 2016). *Epicoccum* sp. a été aussi observé sur les semences avec une fréquence de 54,5 % et sur les plantes malades (57 %).

Suite à cette étude, les résultats ont permis de mettre en évidence les différentes espèces fongiques qui peuvent exister sur la tomate en champ ainsi que sur les semences. Les espèces les plus fréquemment observées sur les échantillons de tomates étaient : *F. oxysporum* (66,4 %), *Colletotrichum* sp. (27,4 %), *A. solani* (26,9 %) et *Alternaria* sp. (27,5 %), qui sont tous des pathogènes, à l'exception de *Epicoccum* sp. dont les symptômes n'avaient pas été mentionnés dans les études antérieures sur la tomate. En ce qui concerne les lots de semences des différentes variétés testées, les pathogènes les plus courants étaient *F. oxysporum* (de 65 % à 100 %), *Epicoccum* sp. (de 38 % à 95 %), *F. solani* (de 0 % à 57 %), *Colletotrichum* sp. (de 0 % à 88 %), *F. fulva* (de 0 % à 68 %), *C. kikuchii* (de 23 % à 57 %) et *B. cinerea* (de 2 % à 28 %).

Vu la prévalence de *F. oxysporum* dans l'ensemble des régions visitées au Burkina Faso et la capacité de

cette espèce à être transmise par la graine, des travaux ultérieurs, actuellement en cours, sont mis en œuvre pour caractériser les formes spéciales de *F. oxysporum* en présence. En plus, la recherche des méthodes de protection intégrée basées sur l'usage des agents de contrôle biologique, la pratique de la rotation culturale dans les sites maraichers, l'utilisation de variétés résistantes et aussi la solarisation peuvent limiter les pertes encourues et réduire les taux d'infection des semences avant la mise en place des pépinières (Béranger et al., 2016).

Dans ce contexte, l'obtention de souches indigènes de *Trichoderma* ou de *C. globosum* associées à la tomate au Burkina Faso présente un intérêt particulier. En effet, ces genres ou espèces ne sont pas connus comme pathogènes de la tomate, mais des souches associées à ces taxons ont été rapportées comme mycophages (Shanthiyaa et al., 2013 ; Dabiré et al., 2016 ; Koné et al., 2019). Les souches obtenues dans le cadre de cette étude pourraient donc être testées comme agents de contrôle biologique par rapport aux pathogènes de la tomate.

5. CONCLUSIONS

Cette étude s'est proposée de déterminer le spectre d'agents pathogènes fongiques associés à la culture de la tomate au Burkina Faso. Les résultats ont montré que cette culture est fortement attaquée par une diversité d'espèces fongiques (aériennes et telluriques) dont les plus fréquentes et dommageables ont été les espèces du genre *Fusarium*, en particulier *F. oxysporum*, tant sur les échantillons de plantes malades collectées (66,43 %) que sur les semences (87,02 %). Au regard du potentiel de colonisation de ce pathogène, en plus de l'ampleur des flétrissements des plantes de tomate et des fontes de semis observés sur le terrain, des traitements des semences et aussi des cultures en plein champ devraient être préconisés afin de réduire le taux d'inoculum primaire sur les semences et dans le sol.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'ARES (Bruxelles, Belgique) pour avoir financé le projet PRD/ProDuIRE, dans le cadre duquel la recherche présentée a été effectuée.

Contribution des auteurs

Assiata Tiendrebeogo est l'investigatrice principale de ce travail. Elle a effectué les travaux de terrain, les tests au laboratoire ainsi que la rédaction de la première version du manuscrit. Amadou Sanou a participé à la collecte des échantillons sur le terrain et à la purification du matériel

fongique au laboratoire. Schemaeza Bonzi a participé à l'échantillonnage sur le terrain et à l'identification des micro-organismes au laboratoire. Gaston Tobdem Dabiré, Schemaeza Bonzi, Hyacinthe Sami Kambire et Diakalia Son ont contribué à l'analyse des données et effectué la correction du manuscrit. Irénée Somda et Anne Legrève ont supervisé les différents travaux et révisé le manuscrit.

Bibliographie

- Aborisade A., Adetutu A. & Owoade O., 2017. Phytochemical and proximate analysis of some medicinal leaves. *Clin. Med. Res.*, **6**(6), 209-214, doi.org/10.11648/j.cmr.20170606.16
- Agrios G.N., 2005. *Plant pathology*. 5th ed. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press.
- Béranger M., Lejeune V. & Sellam M., 2016. *Guide pratique de défense des cultures*. 6^e ed. Paris : ACTA éditions, Les institutions Techniques Agricoles.
- Blancard D., Laterrot H., Marchoux G. & Candresse T., 2009. *Les maladies de la tomate, identifier, connaître, maîtriser*. Paris : Éditions Quae, INRA.
- Boland G. & Kuykendal L., 1997. *Plant-microbe interactions and biological control*. New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Champion R., 1997. *Identifier les champignons transmis par les semences*. Paris : Éditions Quae, INRA.
- Crous P.W. & Groenewald J.Z., 2014. *Fungal pathogens of food and fibre crops*. Utrecht, The Netherlands: CBS-KNAW Fungal biodiversity Centre.
- Dabiré T.G., Bonzi S., Somda I. & Legrève A., 2016. Évaluation *in vitro* de l'activité antagoniste d'isolats de *Trichoderma harzianum* Pers. contre trois espèces fongiques pathogènes de l'oignon au Burkina Faso. *Tropicicultura*, **34**(3), 313-322.
- Hajlaoui M.R., Hamza N., Gargouri S. & Guermeh A., 2001. Apparition de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, agent de la pourriture des racines et du collet de la tomate en Tunisie. *EPPO Bull.*, **31**(4), 505-507.
- IFDC (International Fertilizer Development Center), 2007. *Problématique de l'utilisation des produits phytosanitaires en conservation des denrées alimentaires et en maraîchage urbain et péri-urbain au Burkina Faso : cas de Bobo-Dioulasso, Ouahigouya et Ouagadougou*. Ouagadougou : IFDC.
- Jones J.B., Zitter T.A., Momol T.M. & Mill S.A., 2014. *Compendium of tomato diseases and pests*. 2nd ed. Saint Paul, MN, USA: The American Phytopathological Society, 150-168.
- Joshi R., 2018. A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *J. Med. Plants Stud.*, **6**(3), 112-115.
- Kemmitt G., 2013. Early blight of potato and tomato. *Plant Health Instructor*, doi.org/10.1094/PHD-I-2002-0809-01
- Kone Y., Dabiré G.T., Amadou H. & Somda I., 2019. Évaluation *in vitro* du potentiel antagoniste de *Trichoderma harzianum* du Burkina Faso contre *Magnaporthe grisea*, l'agent causal de la pyriculariose du riz, isolées au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(7), 3053-3065, doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.7
- Lee S.B. & Taylor J.W., 1990. Isolation of DNA from fungal mycelia and single spore. In: Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J. & White T.J., eds. *PCR protocols. A guide to methods and applications*. San Diego, CA, USA: Academic Press.
- Leslie J.F. & Summerell B.A., 2006. *The Fusarium laboratory manual*. 1st ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- MAAH (Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles), 2020. *Rapport de l'enquête maraîchère 2018*. Ouagadougou : MAAH.
- Mathur S.B. & Kongsdal O., 2003. *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*. 1st ed. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association.
- Naré R.W.A., Savadogo P.W., Gnankambary Z. & Nacro H.B.S.M.P., 2015. Analyzing risks related to the use of pesticides in vegetable gardens in Burkina Faso. *Agric. For. Fisheries*, **4**(4), 165-172, doi.org/10.11648/j.aff.20150404.13
- O'Donnell K., Kistler H.C. & Cigelnik P.R., 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **95**, 2044-2049, doi.org/10.1073/pnas.95.5.2044
- Perrone G. & Susca A., 2017. *Penicillium* species and their associated mycotoxins. In: Moretti A. & Susca A., eds. *Mycotoxigenic fungi. Methods in molecular biology*. New York, NY, USA Humana Press, doi.org/10.1007/978-1-4939-6707-0_5
- Quimbita-Reyes A.M., Cabrera-Asencio I., Serrato-Diaz L.M. & Rivera-Vargas L.I., 2022. First report of *Lasiodiplodia* sp. causing canker of mango (*Mangifera indica*) in Puerto Rico. *Plant Dis.*, **1**, doi.org/10.1094/PDIS-01-22-0149-PDN
- Saini T.J., Gupta S.G. & Anandalakshmi R., 2017. Detection of tomato anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. in India. *Australas. Plant Dis. Notes*, **12**, 48, doi.org/10.1007/s13314-017-0271-4
- Shanthiyaa V. et al., 2013. Use of *Chaetomium globosum* for biocontrol of potato late blight disease. *Crop Prot.*, **52**, 33-38, doi.org/10.1016/j.cropro.2013.05.006
- Sikirou R. et al., 2001. Diagnostic des problèmes phytosanitaires des cultures maraîchères au Sud Bénin : cas de la tomate, du piment, de l'oignon et du gombo. In: Agbo B. et al., eds. *Actes de l'Atelier scientifique sur la recherche agricole pour le développement, 11-12 janvier 2001, Niaouli, Bénin*. Cotonou, Bénin : INRAB, UNB-FSA ; Eschborn, Allemagne : GTZ, 102-125.
- Son D., Somda I., Legrève A. & Schiffers B., 2017 : Pratique phytosanitaire des producteurs de tomates du Burkina

- Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cah. Agric.*, **26**(2), 25005, doi: 10.1051/cagri/2017010.
- Son D., Somda I., Legrève A. & Schiffers B., 2018. Effect of plant diversification on pest abundance and tomato yields in two cropping systems in Burkina Faso: farmer practices and integrated pest management. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1), 101-119, doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.8
- Srinivas C. et al., 2019. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: biology to diversity - A review. *Saudi J. Biol. Sci.*, **26**, 1315-1324.
- Staats M., Van Baarlen P. & Van Kan J.A.L., 2005. Molecular phylogeny of the plant-pathogenic genus *Botrytis* and the evaluation of host specificity. *Mol. Biol. Evol.*, **22**, 333.
- Toé A.M., coord., 2010. *Étude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso. Rapport final.* Rotterdam, Pays-Bas : Secrétariat de la Convention de Rotterdam.
- Traoré O. et al., 2020. Evaluation of the 19 varieties and accessions of tomato against bacterial wilt in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(8), 2870-2879, doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.17
- White T.J., Bruns T., Lee S. & Taylor J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J. & White T.J., eds. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. San Diego, CA, USA: Academic Press.

(32 réf.)