

Deux variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) tolérantes à la pourriture basale fusarienne au Burkina Faso

[Two onion's varieties (*Allium cepa* L.) tolerant to Fusarium basal rot disease in Burkina Faso]

Tobdem Gaston Dabire, Stéphane Dabire, Schémaéza Bonzi, and Irénée Somda

Université Nazi Boni, Laboratoire des Systèmes Naturelles, Agrosystèmes et Ingénierie de l'Environnement, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Onion bulbs production and commercialization is now a powerful tool against poverty in rural areas in Burkina Faso. However, Fusarium basal rot disease caused by a complex of soilborne fungi appears to be a serious threat to growers. The prophylactic methods proposed for its control remain difficult to apply effectively and the most used varieties of onion are susceptible to the disease. In order to work out a palliative solution to this problem, eleven onion varieties marketed in Burkina Faso were screened for their tolerance to fusarium basal rot. The varieties were produced in infested rural area on completely randomized blocs by three producers in three different sites. The harvested bulbs were then tested in the laboratory under artificial inoculation conditions with conidial suspensions of *Fusarium oxysporum* and *F. solani*, responsible for the disease. In field, the Noflaye and Gandiol+ varieties were the most tolerant to the disease with respective incidence values of 0 and 1.6% while the Mercedes variety was the most sensitive with an incidence of 16,5%. In the laboratory, all the inoculated varieties developed rot at varying intensities, but the Noflaye and Gandiol+ varieties were still the least rotten. These results recommend the continuation of investigations on these two varieties with a view to their integration into an integrated control program against Fusarium basal rot disease of onion in Burkina Faso.

KEYWORDS: Onion, Fusarium basal rot, Varieties, Noflaye, Gandiol+, Burkina Faso.

RESUME: La production et la commercialisation des bulbes d'oignon constituent de nos jours un puissant outil de lutte contre la pauvreté en milieu rural au Burkina Faso. Cependant, la maladie de la pourriture basale fusarienne causée par un complexe de champignons telluriques apparaît comme une menace sérieuse pour les producteurs. Les méthodes prophylactiques proposées pour son contrôle demeurent difficiles à appliquer avec efficacité et les variétés d'oignon les plus utilisées sont sensibles à la maladie. En vue de contribuer à trouver une solution palliative à ce problème, onze variétés d'oignon commercialisées au Burkina Faso ont été criblées pour apprécier leur comportement vis-à-vis de la pourriture basale fusarienne. Les variétés ont été produites en milieu paysan infesté par la maladie en Blocs complètement randomisés par trois producteurs de trois sites différents. Les bulbes récoltés ont ensuite été testés en laboratoire en conditions d'inoculation artificielle avec des suspensions conidiennes de *Fusarium oxysporum* et *F. solani*, responsables de la maladie. Au champ, les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été les plus tolérantes à la maladie avec des incidences respectives de 0 et 1,6% tandis que la variété Mercedes a été la plus sensible avec une incidence de 16,5%. Au laboratoire, toutes les variétés inoculées ont développé des pourritures à des intensités variables mais les variétés Noflaye et Gandiol+ ont encore été les moins pourries. Ces résultats recommandent la poursuite des investigations sur ces deux variétés en vue de leur intégration dans un programme de lutte intégrée contre la pourriture basale fusarienne de l'oignon.

MOTS-CLEFS: Oignon, Pourriture basale fusarienne, Variétés, Noflaye, Gandiol+, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La filière oignon (*Allium cepa* L.) joue un rôle capital dans le tissu social et économique du Burkina Faso. Elle constitue une performante activité génératrice de revenus, pourvoyeuse d'emplois pour les jeunes et les vieilles femmes et enfin une importante source de vitamines pour les populations [1]. Selon les statistiques, la production nationale d'oignon bulbe était de 362 480 tonnes sur une superficie de 1956 hectares [2].

Si la production de l'oignon constitue aujourd'hui au Burkina Faso un véritable levier de relance économique en milieu rural, elle reste malheureusement confrontée à des maladies biotiques à l'origine de pertes considérables de récoltes au champ et pendant la conservation.

Suite à des investigations cliniques, la maladie de la pourriture basale fusarienne, causée par *Fusarium oxysporum* et/ou *Fusarium solani*, s'est révélée être la plus dommageable pouvant entraîner des pertes totales de récoltes dans les agrosystèmes maraichers du Burkina Faso [3].

Cette maladie redoutable, appelée par certains producteurs « Ebola de l'oignon », a obligé les producteurs à abandonner plusieurs sites de production très infestés. En effet, les agents pathogènes incriminés sont des champignons telluriques qui survivent dans le sol sous forme de chlamydospores pendant plusieurs années [4].

L'adoption d'un certain nombre de pratiques culturales comme la rotation culturale, la mise en jachère des terrains infestés ou leur solarisation, l'utilisation des pépinières hors-sol, l'adoption de méthodes appropriées d'irrigation et le traitement des semences et des sols avec des fongicides chimiques de synthèse sont les principales méthodes de lutte préconisées pour lutter contre cette maladie [3]. Toutefois, ces méthodes se révèlent peu adaptées aux grandes exploitations orientées vers l'agriculture commerciale et à la pression foncière [5]. En outre, l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse est de nos jours fortement règlementée et déconseillée à cause des risques d'affection de la santé des producteurs, des consommateurs et des agrosystèmes [6], [7].

Les auteurs qui ont abordé la question des maladies de l'oignon s'accordent presque tous que la résistance variétale demeure la meilleure voie pour contrôler durablement la majorité des maladies fongiques dont la pourriture basale fusarienne [8], [9], [4], [10].

Pendant longtemps, les sélectionneurs se sont penchés sur l'augmentation de la résistance de l'oignon aux ravageurs et maladies par la réalisation d'inter-croisements avec les autres espèces du genre *Allium* qui possèdent des gènes de résistance [11]. Cependant, l'introduction des caractéristiques de résistance dans *A. cepa* à partir de ces espèces s'est révélée difficile à cause du manque de croisement possible et de la stérilité hybride [12].

Même si la disponibilité de variétés d'oignon résistantes aux maladies est très faible à cause de cette difficulté de sélection, des auteurs ont rapporté l'existence de variétés d'oignon résistantes à des maladies fongiques. La variété Italian red serait résistante à *Peronospora destructor*, la variété Dorata di Parma à *Fusarium oxysporum*, la variété Doux d'Espagne à *Phoma terrestris* et la variété Red creole à *Alternaria porri* [13]. Référence [14] rapportent en sus que les variétés d'oignons colorés par exemple sont résistantes à *Colletotrichum circinans*.

Au Burkina Faso, la variété Violet de Galmi et ses dérivés que sont Violet de Damani, Violet de Garango, Blanc de Soumarana, sont les plus utilisées à cause de leurs caractéristiques organoleptiques très acceptées, leur bonne adaptation aux conditions agro-climatiques locales et leur longue capacité de conservation [15], mais elles sont toutes sensibles à la maladie de la pourriture basale fusarienne [3]. Le marché des semences d'oignon du Burkina Faso est de plus en plus envahi par une gamme variée de variétés mais des informations sur certaines caractéristiques essentielles comme leur comportement vis-à-vis des maladies ne sont pas toujours disponibles [1].

La présente étude a donc eu pour objectif d'évaluer le comportement au champ et en laboratoire, d'un certain nombre de variétés proposées aux producteurs du Burkina Faso par rapport à la pourriture basale fusarienne. La finalité est d'identifier une ou des variétés résistantes et/ou tolérantes à proposer aux producteurs d'oignon des sites infestés par la maladie.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ESSAI REALISE AU CHAMP

2.1.1 MATERIEL

2.1.1.1 SITES EXPERIMENTAUX

Les expérimentations ont été conduites dans la Vallée du Sourou, Province du Sourou, Région de la Boucle du Mouhoun. La vallée du Sourou est une plaine agricole aménagée de 6.055 hectares, située dans le nord-ouest du Burkina Faso. Les aménagements se répartissent dans cinq sites situés en amont et en aval du fleuve Sourou (affluent du Mouhoun): Di, Niassan, Dèbè, Gouran, Guèdougou et Sono. La pluviométrie moyenne annuelle de la zone varie entre 700mm et 900mm et la température moyenne des campagnes de production autour de 28,6°C. On y pratique l'agriculture en toute saison grâce un système d'irrigation qui utilise l'eau du fleuve. La vallée du Sourou constitue de nos jours le plus vaste bassin de production d'oignon du Burkina Faso et sa gestion est confiée à l'Autorité de Mise en valeur de la Vallée du Sourou (AMVS).

Ce site a été choisi parce que plusieurs parcelles ont été successivement attaquées par la pourriture basale fusarienne et ont été jugées infestés par les chlamydozoaires des agents pathogènes. Selon les estimations de l'AMVS environ 800 producteurs repartis sur ces 5 sites ont été touchés par la maladie. L'essai a été mis en place par trois producteurs sur trois sites infestés par la maladie. Il s'agit des sites de Dèbè, de Di et de Gouran. Selon le système de codification de l'AMVS, le site de Dèbè est situé sur le périmètre 460/910 ha, parcelle CP1CS11P24, celui de Gouran sur le secteur C (203 ha), parcelle CP1CS5CT2P01 et le site de Di sur le secteur Sud 2 (2.240 ha), parcelle CS3T1P7. L'essai a été conduit avec une forte implication des agents de l'AMVS. L'article soumis ne doit pas avoir été publié antérieurement, ni être actuellement mis au processus d'évaluation d'une autre revue scientifique.

2.1.1.2 VARIETES ETUDIEES

Des échantillons de semences de onze (11) variétés cultivées (= cultivar, cv.) d'oignon, dont trois locales et neuf exotiques, ont été utilisés pour l'étude (Tableau 1). Ces variétés ont été collectées auprès des vendeurs de semences maraîchères exotiques et auprès de deux producteurs semenciers locaux de la Vallée du Sourou. Les variétés locales cv. Ouédraogo et cv. Warma, multipliées à partir du cv. Violet de Galmi, ont été utilisées comme variétés témoins sensibles à la maladie.

Tableau 1. Caractéristiques des variétés d'oignon utilisées pour l'étude

Nom	Lieu de collecte	Identité du fournisseur	Produit de traitement	Caractéristiques	
				Cycle (JAR)	RDTP (T/ha)
Cv. Aptiva	Ouaga	Sahel Farming	Thirame	100-110	20-45
Cv. Belami	Bobo	Technisem	Topsin	105-110	30-40
Cv. Damani	Bobo	Technisem	Topsin	100-110	20-50
Cv. FB01	Bobo	INERA	Calthio C	100-120	25
Cv. Gandiol+	Bobo	Technisem	Topsin	110-115	40-45
Cv. Jambar HF1	Bobo	NAFASO	Thirame	90-100	50-60
Cv. Ouédraogo	Dèbè	Producteur	Calthio C	90-100	20-30
Cv. Warma	Gouran	Producteur	Cathio C	90-100	20-30
Cv. Mercedes HF1	Bobo	LDC SA	Thirame	90-100	60-90
Cv. Noflaye	Bobo	Technisem	Topsin	105-110	25-40
Cv. Safari	Bobo	Technisem	Topsin	100-105	20-50

Calthio C: 25% Thirame + 25% de Chlorpyrifos-éthyle; *Topsin*: 70,4% de Thiophanate-méthyle; *JAR*: Jours après repiquage; *RDTP*: Rendement potentiel

2.1.1.3 PETIT MATERIEL DE TERRAIN

Le matériel et les équipements habituels de chaque producteur ont été utilisés pour la conduite des opérations culturales.

2.1.2 METHODES

2.1.2.1 ANALYSE DE LA MYCOFLORE DES SEMENCES UTILISEES

Cette activité préalable a été réalisée au laboratoire pour apprécier la qualité sanitaire de semences car les espèces de *Fusarium* sont aussi transmissibles par les semences. L'évaluation de la résistance des variétés testées vis-à-vis de ces espèces de *Fusarium* dans un milieu infesté, nécessite au préalable d'analyser la qualité sanitaire des semences et donc de caractériser la mycoflore déjà présente dans les lots de semences de ces variétés et de procéder éventuellement à une désinfection avant semis. Cette qualité sanitaire a été réalisée conformément à la méthode du Papier Buvard proposée par Mathur et Kongsdal (2003). Selon cette méthode, les graines ont été disposées à équidistances et en cercles concentriques dans des boîtes de Pétri contenant trois couches de papier Buvard humidifié à l'eau distillée stérile. Vingt-cinq (25) graines ont été utilisées par boîte de Pétri. Pour chaque variété, 400 graines ont ainsi été évaluées en 16 répétitions. Chaque boîte de Pétri contient les 25 graines, étant considérée comme une répétition. Les boîtes ensemencées ont été par la suite incubées à environ 25°C sous un cycle alternatif de lumière proche ultra-violet et d'obscurité (12 h/12h) pendant sept jours. Au terme du temps d'incubation, les graines ont été individuellement observées sous un stéréo microscope pour identifier les champignons présents sur la base des caractéristiques morphologiques et les descriptions de Mathur et Kongsdal. Pour chaque espèce fongique retrouvée, le nombre de graines infectées par cette espèce a été évalué par comptage dans chaque boîte de Pétri. Les fréquences des espèces fongiques dans chaque échantillon de semences et les pourcentages d'infection de chaque échantillon par chaque espèce fongique ont été calculés.

2.1.2.2 INSTALLATION DES PEPINIERS

Le démarrage de l'essai a été effectif par la mise en place des pépinières. Chaque producteur a préparé le lit de semis suivant l'itinéraire technique préconisé par les agents techniques de l'AMVS. Les opérations de préparation du lit de semis ont consisté à aménager des planches. Le semis s'est fait dans des sillons tracés à l'aide d'un bâton sur les planches en lignes espacées de 10 cm avec une profondeur d'environ 1 cm. Les pépinières ont été installées à proximité des parcelles destinées à recevoir les plants.

A côte de chaque pépinière mise en place, une planche comportant 11 sillons a été aménagée. Dans chaque sillon de la planche, 200 graines de chaque variété ont été semées suivant les mêmes conditions pour évaluer de manière précise le taux d'émergence de chaque variété en milieu infesté.

2.1.2.3 PREPARATION DU SOL, REPIQUAGE ET ENTRETIEN

La préparation du sol a consisté à un labour suivi d'un billonnage. Il s'agit de la pratique culturale courante de la Vallée du Sourou. La taille des billons a été de 5 m de long sur 20 cm de large. Les espaces entre les billons (10 cm) constituent aussi les rigoles pour l'eau d'irrigation. Le repiquage a consisté à fixer légèrement les jeunes plants issus des pépinières, aux deux flans des billons préalablement confectionnés. Ainsi on obtient deux lignes par billon. La distance entre les pieds sur une même ligne a été de 10 cm.

Pour faciliter le suivi et la collecte des données, les dates de repiquage ont été légèrement différées chez les producteurs testeurs de telle sorte que la différence d'âge des plants au repiquage entre les parcelles des producteurs testeurs n'excède pas 3 jours. Aucun traitement phytosanitaire n'a été effectué sur les parcelles après le repiquage.

Deux sarclo-binages manuels ont été réalisés sur les parcelles expérimentales afin d'éliminer les mauvaises herbes. La fertilisation des parcelles expérimentales a été réalisée par apport de fertilisants minéraux conformément aux pratiques locales préconisées par l'AMVS.

2.1.2.4 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PLAN DE MASSE

Chez chaque producteur, l'essai a été mis en place selon un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé à dix (10) traitements répétés trois fois, chaque variété constituant un traitement. Les parcelles élémentaires ont été constituées de 3 billons de 5 m de long comportant deux (2) lignes d'oignon repiqués aux flans de chaque billon (soit 6 lignes). Les différentes parcelles élémentaires ont été matérialisées avant le repiquage avec des piquets portant des étiquettes où sont marqués les noms des variétés. Des carrés de rendement de 1 m² ont été matérialisés au hasard dans chaque parcelle élémentaire avant même le repiquage en prévision de l'évaluation du rendement.

2.1.2.5 SUIVI ET COLLECTE DES DONNEES

Un suivi régulier a été effectué sur chaque parcelle expérimentale afin de collecter les données sur l'évolution des plantes et des éventuelles infections. Les évaluations ont porté sur l'émergence des plantules en pépinière, l'évaluation de l'incidence de la maladie de la pourriture fusarienne et les paramètres de croissance de chaque variété (hauteur des plantes, nombre moyen de feuilles, diamètre moyen du bulbe, taux de montaison prématuré et rendement).

- Evaluation du taux d'émergence des plantules

L'évaluation du niveau d'émergence de chaque variété a été effectuée 15 jours après semis. Elle a consisté à compter le nombre de plantules levées et ne présentant pas d'anomalie quelconque sur chaque sillon. Le résultat a été exprimé en pourcentage du nombre de plantules normales sur le nombre de graines semées.

- Evaluation de l'incidence de la maladie de la pourriture basale fusarienne

L'évaluation du niveau d'attaque des variétés par la maladie a été effectuée à la récolte (120 JAR). Elle a consisté à dénombrer sur chaque parcelle élémentaire, le nombre de pieds atteints par la maladie (pourriture des parties basales). L'incidence I (%) a été calculée par la formule suivante:

$$I(\%) = \frac{n}{N} * 100$$

Avec:

I (%): incidence de la maladie;

n: nombre total de pieds atteints;

N: nombre total de pieds du carré.

- Evaluation des paramètres de croissance

La hauteur des plantes, le nombre de feuilles formées, le diamètre des bulbes ont été évalués par mensuration à partir de 10 pieds pris au hasard au niveau de chaque producteur.

- Evaluation du taux de montaison prématuré

Le taux de montaison prématuré, défini comme le nombre de pieds qui montent en fleurs dès la première année de production, a été évalué pour chaque variété. Sur chaque parcelle élémentaire, le nombre de pieds portant des fleurs a été dénombré puis le taux de montaison évalué en pourcentage du nombre total de pieds de la parcelle élémentaire. Le taux de montaison affecte négativement les rendements car les pieds qui montent en fleur perdent leurs bulbes.

- Evaluation du rendement

La mesure du poids des bulbes sains récoltés dans chaque carré de rendement à la fin de la culture a permis d'estimer les rendements de chaque variété.

2.1.2.6 ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel Microsoft Excel. Une analyse de variance à un facteur a été réalisée et les moyennes comparées avec le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % à l'aide du logiciel IBM SPSS version 23.

2.2 ESSAI REALISE AU LABORATOIRE

2.2.1 MATERIEL

2.2.1.1 PETIT MATERIEL DE LABORATOIRE

Les travaux en laboratoire ont été réalisés à la clinique des plantes de l'Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, qui dispose de tout le petit matériel nécessaire pour les analyses des semences isolements/purification d'agents pathogènes fongiques et les tests d'inoculations artificielles.

2.2.1.2 BULBES D'OIGNON UTILISES ET LEUR DESINFECTION

Après la récolte de l'essai au champ, dix lots d'environ 30 bulbes (un lot par variété) fermes, bien calibrés et ne présentant aucune malformation/décoloration ont été constitués par un tri auprès des trois producteurs ayant réalisé l'essai et ramenés au laboratoire pour les essais d'inoculation. Deux cent (200) bulbes ont été utilisés pour les tests d'inoculation artificielle au laboratoire (soit 20 bulbes par variété). Les bulbes ont été désinfectés par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium (1%) pendant 15 minutes suivi de trois rinçages à l'eau distillée stérile pendant 20 minutes à chaque rinçage. Après désinfection, les bulbes ont été séchés puis pesés. A l'aide d'un emporte-pièce, des puits de 6 mm de diamètre et 15 mm de profondeur ont été réalisés dans la partie médiane de chaque bulbe pour recevoir l'inoculum.



Fig. 1. Séchage des bulbes sous hotte à flux laminaire

2.2.1.3 ESPECES FONGIQUES UTILISEES POUR L'INOCULATION ARTIFICIELLE

Deux isolats fongiques, l'isolat FO1-016 de *F. Oxysporum* et FS1-016 de *F. solani*, obtenus à partir d'échantillons de plantes malades prélevées pendant le déroulement de l'essai dans la Vallée du Sourou ont été utilisés. Leur isolement a été réalisé selon les techniques standards sur un milieu de culture PDA.

2.2.2 METHODES

2.2.2.1 PREPARATION DE L'INOCULUM ET INOCULATION DES BULBES

Pour l'inoculation des bulbes, des suspensions conidiennes ont été préparées. Les isolats ont été repiqués dans des boîtes de Pétri contenant un milieu Synthetic Nutrient-poor Agar (SNA). Cinq ml d'eau miliQ contenant 0,05% de Tween 20 ont été versées dans chaque boîte de Pétri. Le mycélium et les conidies ont été soigneusement grattés avec une lame stérile. La suspension ainsi obtenue a été filtrée et agitée. La concentration en conidies a été estimée avec la cellule de comptage de Fuch-Rosenthal puis ajustée à 10⁶ conidies/ml. L'inoculation a consisté à déposer 0,5 ml de la suspension conidienne dans les puits préalablement réalisés sur chaque bulbe. Après inoculation, les puits ont été refermés avec du scotch. Les bulbes témoins ont reçu 0,5 ml d'eau distillée stérile en lieu et place de la suspension conidienne. Les bulbes ont ensuite été disposés dans des bacs en aluminium puis mis en incubation à 28°C dans une étuve pendant 21 jours.

2.2.2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les isolats fongiques ont été testés sur les dix variétés selon un dispositif split plot à deux facteurs. Le facteur principal a été les variétés d'oignon et le facteur secondaire les isolats fongiques en présence de deux traitements témoins. Un traitement témoin utilisant de l'eau distillée comme inoculum et un autre traitement témoin constitué de bulbes blessés mais non inoculés. Au total 40 traitements ont été réalisés en 5 répétitions (un bulbe étant considéré comme une répétition).

2.2.2.3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

Au terme du temps d'inoculation les bulbes ont été retirés de l'étuve, puis observés pour constater le développement ou non de pourritures. Au besoin, les bulbes ont été éclatés longitudinalement pour observer le sens de progression des pourritures. Les parties pourries des bulbes ont ensuite été retirées par un lavage puis les morceaux restants ont été pesés à nouveau.

L'intensité de pourriture (IP%) a été calculée par la formule suivante:

$$IP(\%) = \frac{(M_{av} - M_{ap})}{P_{av}} * 100$$

IP (%): Intensité de pourriture;

M_{av}: Masse du bulbe avant inoculation;

M_{ap}: Masse du bulbe après retrait des parties pourrie.

Les moyennes obtenues pour chaque traitement ont été calculées. Ces moyennes ont été comparées en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % avec le logiciel IBM SPSS version 23.



Fig. 2. Aspect des bulbes après inoculation de *F. solani* selon les trois modes

3 RESULTATS

3.1 ESSAI AU CHAMP

3.1.1 QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES DES VARIETES UTILISEES

Les résultats de l'analyse de la mycoflore des semences des différentes variétés sont consignés dans les tableaux 2 et 3. Dix (10) espèces fongiques appartenant à sept (07) genres fongiques ont été identifiées dans les onze (11) échantillons de semences à des fréquences allant de 2/11 à 10/11 (Tableau 2). Les deux espèces fongiques les plus fréquemment rencontrées ont été *Aspergillus niger* et *Rhizopus sp.* avec chacune une fréquence de 10/11. *Fusarium solani* et *F. oxysporum* ont été rencontrées dans les lots de semences à des fréquences respectives de 6/11 et 4/11 (Tableau 2).

Les taux d'infection des semences par ces différentes espèces fongiques ont varié de 0 à 82% en fonction des variétés. Les taux d'infection les plus élevés ont été ceux causés par les espèces de *Aspergillus*. Les taux d'infection des semences par *F. solani* ont varié de 0 à 12,5 % et ceux par *F. oxysporum* de 0 à 11,5 en fonction des variétés. Parmi les onze variétés testées, la variété FB01 a été la plus infectée par tous les champignons tandis que les variétés Gandiol+ et cv. Mercedes ont été les moins infectées (Tableau 2).

Tableau 2. Fréquences des espèces fongiques identifiées dans les 11 échantillons analysés

Espèces fongiques	Fréquences des échantillons infectés
<i>Aspergillus flavus</i> Link ex Fries	07/11 (63,63%)
<i>A. niger</i> Van Tieghem	10/11 (90,90%)
<i>Cladosporium</i> sp. Link.	02/11 (18,18%)
<i>Curvularia lunata</i> (Wakk.) Boejin	03/11 (27,27%)
<i>Exserohilum rostratum</i> (Drechsler)	02/11 (18,18%)
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon	05/11 (45,45%)
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend.	06/11 (54,54%)
<i>F. solani</i> (Mart.) Appel & Wollenw	04/11 (36,36%)
<i>Penicillium</i> sp. Link.	07/11 (63,63%)
<i>Rhizopus</i> sp. Ehrenb.	10/11 (90,90%)

Tableau 3. Taux d'infection des semences par les espèces fongiques identifiées

Espèces fongiques	Apt	Bel	Dam	FB01	Gan+	
<i>Aspergillus flavus</i> Link ex Fries	11,5 ^{bc}	2 ^b	30 ^e	48 ^d	0	
<i>A. niger</i> Van Tieghem	17,5 ^c	2,5 ^b	18 ^d	35,5 ^c	0	
<i>Cladosporium</i> sp. Link.	0, 0 ^a	0 ^a	0 ^a	1 ^a	0	
<i>Curvularia lunata</i> (Wakk.) Boejin	0 ^a	0 ^a	0 ^a	2 ^a	0	
<i>Exserohilum rostratum</i> (Drechsler)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,5 ^a	0	
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon	7 ^b	0 ^a	5 ^b	24	0	
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend.	0 ^a	0 ^a	5,5 ^b	11,5 ^b	0	
<i>F. solani</i> (Mart.) Appel & Wollenw	0 ^a	0 ^a	12,5 ^c	8,5 ^b	0	
<i>Penicillium</i> sp. Link.	0 ^a	2 ^b	1 ^{ab}	11 ^b	0	
<i>Rhizopus</i> sp. Ehrenb.	1,5 ^a	5,5 ^c	35,5 ^f	82 ^e	0,5	
Stat.	F.	56,3	7,8	127	143	2,1
	P.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20

Espèces fongiques	Jam	Oué	War	Mer	Nof	Saf	
<i>Aspergillus flavus</i> Link ex Fries	0	57,5 ^e	69,5 ^d	0	0	2,5 ^b	
<i>A. niger</i> Van Tieghem	1	60,5 ^e	77,5 ^e	1,5	1	1,5 ^{ab}	
<i>Cladosporium</i> sp. Link.	0	0 ^a	2,5 ^{ab}	0	0	0 ^a	
<i>Curvularia lunata</i> (Wakk.) Boejin	0	1 ^a	4 ^{ab}	0	0	0 ^a	
<i>Exserohilum rostratum</i> (Drechsler)	0,5	0 ^a	0 ^a	0	0	0 ^a	
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon	0	5,5 ^c	8 ^{bc}	0	0	0 ^a	
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend.	0,5	3,5 ^{ab}	1 ^a	0	0,5	0 ^a	
<i>F. solani</i> (Mart.) Appel & Wollenw	0	2 ^{ab}	5 ^b	0	0	0 ^a	
<i>Penicillium</i> sp. Link.	1	7,5 ^c	3,5 ^{ab}	0	0	1 ^a	
<i>Rhizopus</i> sp. Ehrenb.	0	17 ^d	14,5 ^c	1	1	3,5 ^b	
Stat.	F.	1,4	123,2	335,2	4,4	1,2	27,3
	P.	0,33	0,00	0,00	0,21	0,31	0,00

Apt: cv. Aptiva; Bel: cv. Belami; Dam: cv. Damani; FB01: cv. Farako-bâ 01; Gan+: cv. Gandiol+

Jam: cv. Jambar; Oué: cv. Ouédraogo; War: cv. Warma; Mer: cv. Mercedes; Nof: cv. Noflaye; Saf: cv. Safari;

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls).

3.1.2 TAUX D'ÉMERGENCE DES PLANTULES EN MILIEU INFESTE

La figure 1 présente les taux d'émergence des plantules des 11 variétés sur le terrain paysan. Aucune variété n'a enregistré 100% d'émergence. Les taux d'émergence ont varié de 3,5 à 78,8 %. Le plus fort taux d'émergence a été enregistré avec la variété Noflaye et le plus faible avec la variété FB01 de la Station expérimentale de l'INERA à Farako-bâ (Figure 1). Comparativement aux autres variétés, celles produites localement (cv. Ouédraogo, cv. Warma et cv. FB01) ont présenté les plus faibles taux d'émergence. Le nombre de plantules obtenu avec la variété Cv. FB01 a été très faible et donc, cette variété n'a pas été repiquée.

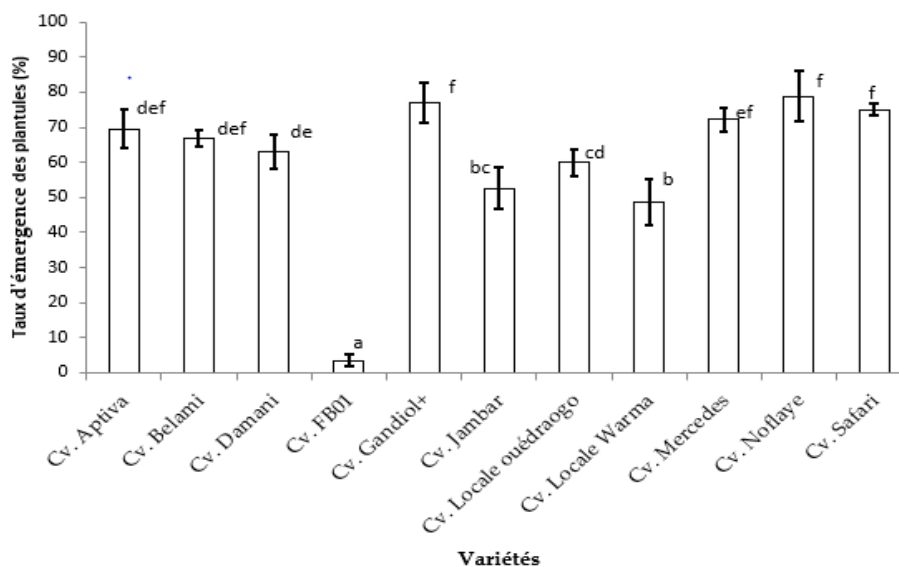


Fig. 3. Taux d'émergence des plantules en fonction des variétés

Les barres marquées de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls).

3.1.3 INCIDENCE DE LA POURRITURE BASALE FUSARIENNE

Les résultats de l'évaluation de l'attaque (incidence) des différentes variétés par la pourriture basale fusarienne, réalisée 120 jours après repiquage, sont présentés dans le tableau 4. Les niveaux d'incidence enregistrés varient de 0 à 18,4%. L'analyse statistique indique des différences significatives entre les variétés.

Sur le site de Dèbè, les incidences ont varié selon la variété de 0 (Cv. Noflaye) à 18,4% (Cv. Mercedes). Les variétés locales ont présenté des incidences respectives de 13,7% pour cv. Ouédraogo et 15,8% pour cv. Warma. Les variétés Cv. Noflaye et Cv. Gandiol+ se sont distinguées significativement des autres variétés.

Au niveau du site de Di, elles ont varié de 0 (Cv. Noflaye) à 16,7% (Cv. Mercedes). Les Variétés locales témoin ont présenté des incidences respectives de 11,4% pour cv. Ouédraogo et 12,6% pour cv. Warma. La variété Cv. Noflaye s'est distinguée significativement des autres variétés.

Sur le site de Gouran, les incidences ont varié de 0 (Cv. Noflaye) à 14,5% (Cv. Mercedes). Les variétés locales sensibles ont présenté des incidences respectives de 9,7% pour cv. Ouédraogo et 11,0% pour cv. Warma. La variété Cv. Noflaye s'est distinguée significativement des autres variétés.

En général, la variété Noflaye n'a présenté aucun pied attaqué et la variété Mercedes a enregistré les plus fortes incidences quel que soit le site.

La lecture du tableau indique que les tendances ont été identiques sur les trois sites. Mais les incidences les plus fortes ont été observées sur le site de Dèbè (Tableau 4). Quatre catégories de variétés peuvent se dégager du tableau 4 selon les moyennes effectuées pour chaque variété. Des variétés à incidence moyenne inférieures à 5% (cv. Noflaye, cv. Gandiol+ et cv. Belami) d'autres à incidence intermédiaire comprise entre 5 et 10% (cv. Jambor, cv. Aptiva, cv. Safari) d'autres à incidence comprise entre 10 et 15% (cv. Ouédraogo, cv. Warma, cv. Damani) et la dernière avec une incidence moyenne supérieure à 15% (cv. Mercedes).

Tableau 4. Incidence de la pourriture basale des dix variétés en fonction des localités

Variétés	Incidence (%)			
	Dèbè	Di	Gouran	Moy./var
Cv. Aptiva	7,8 ^{bc}	4,6 ^b	5,1 ^{cd}	5,8 ^b
Cv. Belami	7,3 ^{bc}	3,2 ^b	3,4 ^{bc}	4,6 ^b
Cv. Damani	13,4 ^{cd}	10,3 ^c	9,2 ^{ef}	11,0 ^c
Cv. Gandiol+	0,6 ^a	2,6 ^b	1,5 ^{ab}	1,6 ^{ab}
Cv. Jambar	5,7 ^{ab}	3,2 ^b	7,2 ^{de}	5,4 ^b
Cv. Ouédraogo	13,7 ^{cd}	11,4 ^c	9,7 ^{ef}	11,6 ^c
Cv. Warma	15,8 ^d	12,6 ^c	11,0 ^f	13,1 ^c
Cv. Mercedes	18,4 ^d	16,7 ^d	14,5 ^g	16,5 ^d
Cv. Noflaye	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a
Cv. Safari	8,7 ^{bc}	4,3 ^b	5,2 ^{cd}	6,1 ^b
Valeur de F	15,139	46,165	25,103	22,406
Valeur de P	0,000	0,000	0,000	0,000

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.1.4 PARAMETRES DE CROISSANCE

Le tableau 5 présente les moyennes des principaux paramètres de croissance évalués. En fonction des variétés, la hauteur moyenne des plantes a varié de 40,3 cm pour la variété Aptiva à 58,0 cm pour cv. Gandiol+. Au niveau du nombre moyen de feuilles par pied, la variété Aptiva a présenté également la plus faible moyenne de 8,2 contre 15,5 pour la variété Gandiol+. Au niveau du diamètre moyen des bulbes formés, la variété Aptiva a encore présenté la plus faible moyenne de 7,1 contre 9,1 cm pour la variété Mercedes. Les taux de montaison prématurée, c'est-à-dire la proportion de pieds montés en fleur, ont varié de 0% pour les variétés Mercedes et cv. Jambar, à 29,3% pour la variété locale Warma. Les variétés Gandiol+ et cv. Noflaye ont présenté des taux de montaison prématurés faibles respectivement de 5,7% pour cv. Gandiol+ et 5,8% pour la variété Noflaye. En considérant les rendements obtenus, la variété Mercedes arrive en tête avec un rendement moyen obtenu de 45,9 T/ha. Elle est suivie par les variétés Noflaye et cv. Gandiol+ avec des rendements moyens respectifs de 38T/ha et 37,9 T/ha. Les variétés locales ont présenté les plus faibles rendements de 16,5 T/ha pour cv. Warma et 18,5 T/ha pour cv. Ouédraogo (Tableau 5).

Tableau 5. Paramètres de croissance des différentes variétés

Variétés	Paramètres de croissance				
	HMP (cm)	NMF	DMB (cm)	TMP (%)	RDT (T/ha)
Cv. Aptiva	40,3 ^a	8,2 ^a	7,1 ^a	26 ^e	21,9 ^b
Cv. Belami	43,4 ^a	7,7 ^a	7,9 ^b	19 ^d	25,5 ^c
Cv. Damani	43,4 ^a	8,7 ^a	7,1 ^a	28 ^e	20,4 ^{ab}
Cv. Gandiol+	58,0 ^c	15,5 ^e	7,9 ^b	6 ^b	37,9 ^e
Cv. Jambar	48,0 ^b	10,5 ^b	8,5 ^b	0 ^a	30,7 ^d
Cv. Ouédraogo	40,9 ^a	8,7 ^a	7,0 ^a	21 ^d	18,5 ^{ab}
Cv. Warma	41,9 ^a	8,9 ^a	6,9 ^a	29 ^e	16,5 ^a
Cv. Mercedes	56,8 ^c	12,0 ^c	9,1 ^c	0 ^a	45,9 ^f
Cv. Noflaye	57,9 ^c	13,4 ^d	8,3 ^b	6 ^b	38,0 ^e
Cv. Safari	47,3 ^b	9,1 ^a	7,9 ^b	11 ^c	28,5 ^{cd}
Valeur de F	57,262	41,979	16,483	61,621	71,527
Valeur de P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HMP: Hauteur moyenne des plantes; NMF: Nombre moyen de feuilles par pieds; DMB: Diamètre moyen du bulbe; TMP: Taux de montaison prématurée; RDT: Rendement moyen.

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.2 ESSAI AU LABORATOIRE

3.2.1 INOCULATIONS ARTIFICIELLES

Les résultats des inoculations artificielles effectuées avec les isolats de *F. oxysporum* et *F. solani* sont présentés dans le tableau 6. Il ressort des résultats que les deux isolats ont occasionné des pourritures sur les bulbes à des intensités allant de 18,7% à 86,6% pour *F. solani* et 24,7 à 89,2% pour *F. oxysporum* selon les variétés (Tableau 6). Quel que soit l'isolat utilisé, la variété Noflaye a présenté les plus faibles intensités de pourriture, suivie de cv. Gandiol+. Les plus fortes intensités de pourriture ont été observées avec la variété Mercedes quel que soit l'isolat fongique. Les variétés témoins non inoculées n'ont présenté aucune pourriture. En dehors des deux variétés locales, l'isolat de *F. oxysporum* a engendré plus de pourriture des bulbes que celui de *F. solani* (Tableau 6).

Tableau 6. Intensités de pourriture des bulbes selon les traitements effectués

Variétés	Intensités de pourriture molle aqueuse (%)			
	TNI	EDT	IFS	IFO
Aptiva	0,0 ^a	0,0 ^a	37,9 ^a	44,1 ^{ab}
Belami	0,0 ^a	0,0 ^a	23,7 ^a	56,8 ^b
Damani	0,0 ^a	0,0 ^a	51,3 ^{ab}	60,3 ^b
Gandiol+	0,0 ^a	0,0 ^a	21,5 ^a	28,7 ^a
Jambar	0,0 ^a	4,55 ^b	76,8 ^{bc}	86,8 ^c
Locale Ouédraogo	0,0 ^a	0,0 ^a	38,8 ^a	29,1 ^a
Locale Warma	0,0 ^a	0,0 ^a	49,1 ^{ab}	34,6 ^a
Mercedes	0,0 ^a	6,91 ^b	86,6 ^c	89,2 ^c
Noflaye	0,0 ^a	0,0 ^a	18,7 ^a	24,7 ^a
Safari	0,0 ^a	0,0 ^a	41,8 ^a	61,5 ^b
Valeur de F	-	7,430	7,491	23,002
Valeur de P	-	0,000	0,000	0,000

TNI: Témoin non inoculé; EDT: Eau distillée+ Tween; IFS: Inoculation avec *F. solani*; IFO: Inoculation avec *F. oxysporum*

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

4 DISCUSSION

La pourriture basale fusarienne de l'oignon entraîne de graves conséquences sur la stabilité sociale des producteurs d'oignon. Elle engendre une importante baisse de motivation dans la production de l'oignon, un abandon de certains sites de production toutes choses qui affectent négativement l'économie locale de populations.

Trouver une solution dans le court terme à cette maladie, pourrait permettre aux producteurs d'oignon de rester dans la production, d'assurer leur survie et de maintenir la sécurité économique des plaines irriguées du Burkina Faso.

L'objectif général de la présente étude a été d'évaluer le comportement des variétés disponibles vis-à-vis de la maladie. La (es) variété (s) jugée (s) résistante (s) pourra (ont) être proposée (s) aux producteurs en attendant la mise au point d'autres méthodes de contrôle et d'éradication de la maladie.

L'analyse sanitaire des semences des différentes variétés a indiqué qu'elles étaient majoritairement infectées par *Aspergillus niger* et que les semences localement produites étaient les plus infectées par les champignons. Ce résultat confirme les résultats de plusieurs auteurs qui ont effectué l'analyse des semences d'oignon produites sous les tropiques et qui ont indiqué que *A. niger* constituait toujours le champignon dominant [16], [17], [18]. Dans le cadre des activités de diagnostic effectuées sur des semences d'oignon utilisées au Burkina Faso, ce même résultat a été obtenu [19]. *A. niger* est connu comme agent causal de fontes de semis de l'oignon [8]. Sa forte présence sur certaines variétés pourrait alors affecter leurs taux d'émergence. Du reste, cela a été par la

suite confirmé par les résultats du test d'émergence où les variétés produites localement (cv. FB01, cv. Ouédraogo et cv. Warma) qui avaient présenté de forts taux d'infection par *A. niger* ont également présenté les taux d'émergence les plus faibles.

F. oxysporum et *F. solani* ont été rencontrées sur 4 variétés à des pourcentages non négligeables. Responsables aussi de fontes de semis, la présence de ces deux espèces fongiques sur les semences constitue un supplément d'inoculum pour l'infection car ils sont transmissibles de la semence aux plantules pour causer la pourriture basale fusarienne [20], [8], [21]. L'analyse des semences a révélé une très faible infection (en nombre d'espèces présentes comme en taux d'infection de chaque espèce) des variétés Noflaye, cv. Mercedes et cv. Gandiol+. Ce résultat présente une situation intéressante car en cas d'infection par la pourriture basale, cela confirmera la présence et le rôle de l'inoculum tellurique de *F. solani* et/ou *F. oxysporum* dans les sites étudiés. Le niveau assez haut de la pourriture basale fusarienne observée sur cv. Mercedes a par la suite confirmé cette hypothèse.

Alternaria porri n'a été retrouvée dans aucun des lots de semences des échantillons analysés. Concernant ce champignon, référence [22] indiquent qu'il est essentiellement transmis par les débris restés au sol et ne peut infecter des semences que lorsqu'une parcelle de production semencière est très fortement attaquée. Des cas d'attaques des variétés par *A. porri* indiqueraient clairement que l'inoculum ne provient pas des semences.

Les résultats de l'essai indiquent qu'en dehors de la variété Noflaye dont aucune plante infectée n'a été relevée, les autres variétés ont présenté des niveaux moyens d'incidence de la pourriture basale fusarienne allant de 1,6 à 16,5%. Cette gamme d'incidence est conforme aux résultats de l'enquête terrain réalisée dans les exploitations des producteurs [3]. Le résultat indique clairement la présence de l'inoculum de la maladie de la pourriture basale fusarienne dans les sols des sites étudiés puisque que les semences de cv. Gandiol+ et de cv. Mercedes n'étaient pas infectées par *F. oxysporum* et *F. solani* et que ces deux espèces ont bien été observées sur les plantes présentant les symptômes. La production de chlamydospores par ces espèces de *Fusarium* leur permet de survivre sous cette forme dans le sol et d'être à l'origine des infections futures [4]. Les variétés ont présenté des niveaux de résistance contrastés aux champignons. Les variétés Noflaye et Gandiol+ ont présenté de très faibles incidences à la pourriture basale fusarienne comparativement aux variétés locales sensibles pendant que la variété Mercedes a été plus sensible que les variétés locales aussi bien selon les résultats du champ que ceux obtenus au laboratoire. Ce qui indique que dans les conditions de cette étude, les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été résistantes à la maladie et la variété Mercedes a été très sensible.

D'après les paramètres de croissance, les variétés Noflaye et Gandiol+ se distinguent encore des autres variétés en termes de rendements, de taux de montaison, de production de feuilles, confirmant ainsi leur performance agronomique élevée comparée aux autres variétés.

La présente étude a permis de confirmer que les variétés produites localement sont caractérisées par de faibles performances agronomiques comme l'ont souligné [23]. Le non-respect des normes de production ou l'époque de production peuvent être à la base de cette situation. La variété Mercedes est en cours d'introduction au Burkina Faso par la firme LDC. Bien que procurant des rendements très élevés, cette variété, originaire d'Espagne, s'est révélée très sensible à la pourriture basale fusarienne. Cette étude indique donc qu'elle n'est pas appropriée pour la production dans les conditions du Burkina Faso où la maladie est présente dans toutes les plaines. Sélectionnées et commercialisées par la firme Technisem (Dakar), les variétés Noflaye et Gandiol+ sont largement utilisées au Sénégal. Selon la fiche technique proposée par cette firme elles sont résistantes à la maladie des racines roses mais des informations sur leurs résistances aux autres problèmes parasitaires ne sont pas disponibles. Sur le plan de l'acceptabilité sociale, ces deux variétés sont très appréciées par les producteurs et les populations [24]. Elles sont peu utilisées au Burkina Faso et les résultats de cette étude pourraient constituer des arguments en faveur de leur adoption par les producteurs. Elles peuvent ainsi faire l'objet d'études complémentaires en vue de leur prise en compte dans un programme de lutte intégrée au Burkina Faso car la pourriture basale fusarienne constitue la principale maladie fongique qui cause les plus importants dégâts sur l'oignon et que la maladie des racines roses est présente dans le pays [3].

5 CONCLUSION

Le criblage des variétés d'oignon pour leur comportement vis-à-vis de la pourriture basale fusarienne a permis d'identifier les variétés Noflaye et Gandiol+ comme potentiellement résistantes ou tolérantes à la maladie et la Variété Mercedes comme très sensible.

Au niveau des paramètres de croissance les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été agronomiquement plus performantes que les autres variétés en dehors de la variété Mercedes qui a obtenu un rendement plus élevé dû à la taille de ses bulbes.

Ces deux variétés peuvent donc être produites avec efficacité sur des parcelles infestées par les agents pathogènes de la maladie de la pourriture basale.

Dans la perspective de les proposer aux producteurs d'oignon du Burkina Faso, des investigations sur leur résistance/tolérance à la maladie des taches pourpres, leur conservabilité et sur leurs qualités organoleptiques sont nécessaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient adresser leurs sincères remerciements au personnel du Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) pour leur grande contribution dans la réalisation des activités. Ils sont également reconnaissants envers le Programme PRD de l'ARES-Belgique pour le financement des activités du projet PRD-ProDulRe (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso).

REFERENCES

- [1] Tarpaga, W.V. Contribution à l'étude de la montaison prématurée des variétés tropicales d'oignon (*Allium cepa* L.): cas du Violet de Galmi, cultivé au Nord du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 2012.
- [2] Bambio Z. François, *Oignon: la culture maraichère la plus rentable au Burkina Faso*, 2022 [online] Available: <https://www.investirauburkina.net/agriculture-et-elevage/oignon-la-culture-maraichere-la-plus-rentable-au-burkina-faso.html> (22/08/2022).
- [3] Dabiré T. G. Diagnostic, caractérisation et contrôle des maladies fongiques de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans les agrosystèmes maraîchers du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, 2017.
- [4] Schwartz, H.F. and Mohan, K.S., *Basal rot of onion*. In: The American Phytopathological Society, 2^e ed. Schwartz F.H. and Mohan Krishna S., Compendium of Onion and Garlic Diseases, 2008.
- [5] Traoré O., Wonni I., Boro F., Somtoré E., Zombré C. T., Dianda O. Z., Wicker E., Ilboudo P., Ouedraogo L. S. & Somda I., «Evaluation of the 19 varieties and accessions of tomato against bacterial wilt in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 14, no. 8, pp. 2870-2879, 2013.
- [6] Son D., Zerbo K.B.F., Bonzi S., Legreve A., Somda I. & Schiffers B., «Assessment of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Producers Exposure Level to Pesticides, in Kouka and Toussiana (Burkina Faso), *International Journal of Environmental Research. And Public Health*, vol. 15, no. 2, 204, 2018.
- [7] Besmer R.A., Sawadogo W.M., Dabiré T.G., Kambiré F.C., Bokonon-Ganta A.H., Somda I. & Verheggen F.J., «Susceptibility of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to microbial and botanical bioinsecticides and control failure likelihood estimation», *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, vol. 26, no. 3, pp. 136-143, 2022.
- [8] Özer, N. and Köycü N.D., *Seed-borne fungal diseases of onion and their control*. In: Mukerji K.G. (ed.). Disease Management of Fruits and Vegetables, Vol. 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 281-306, 2004.
- [9] Koike, S.T., Gladders, P. and Paulus, O.A., *Vegetable diseases. A color Handbook*. Academic Press. 448 p., 2007.
- [10] Conn, E.K., Lutton, J.S. and Rosenberger, S.A., *Onion Disease Guide. A practical guide for seedmen, growers and agricultural advisors*. Seminis grow forward, 69 p., 2012.
- [11] McCallum, J., *Onion*. In: C. Kole (Ed.), Springer-Verlag, Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vegetables. Berlin Heidelberg, 5, pp. 332-347, 2007.
- [12] Van der Meer, Q.P., 1993. *L'oignon*. In: OCDE Editions, Paris, Méthodes traditionnelles de sélection des plantes: un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne, pp.187-196, 1993.
- [13] Doré, C., et Varoquaux, F., *Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées*, Editions INERA. Collection Savoir faire, 812 p., 2006.
- [14] Messiaen, C.M., Blancard, D., Rouxel, F. et Lafon, R., *Les maladies des plantes maraîchères*, 3^{ème} édition. Du labo au terrain. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 552 p., 1991.
- [15] Dagna, A.M., Les effets de la réappropriation de la culture du « Violet de Galmi », par les producteurs d'oignon de la région de TAHOUA-NIGER, sur la dynamique du territoire local, l'organisation sociale et économique. Thèse de doctorat, Développement rural. Université de Toulouse-Le Mirail, France. 281 p.
- [16] N.J. Hayden and R.B. Maude, «The role of seedborne *Aspergillus niger* in transmission of black mould of onion. *Plant Pathology*», vol. 41, pp. 573-581, 1992.
- [17] S.A. F. Nagerabi and R. M. Abdalla 2004, «Survey of seed borne fungi of Sudanese cultivars of onion, with new records», *Phytoparasitica*, vol. 32 no 4, pp. 413-416, 2004.
- [18] S. Dumbre, D. Guldekar, R. S. Potdukhe, «Survey of seed-borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) from various locations of Maharashtra». *Journal of Soil Crop*, vol. 21, pp. 221-224, 2011.
- [19] Dabiré, T.G., Bonzi, S., Somda, I. and Legreve, A., «Identification of seed-borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) in Burkina Faso», *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 25, no. 2, pp. 562-575.
- [20] A. El Zawahry, H.M. El Aref, N.G. Ahmed, A.A. Aly, «Protein patterns of certain isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. moniliforme* and their relation to virulence», *Asian Journal of Agricultural science*, vol. 31, pp. 59-78, 2000.
- [21] D. Zlata, T. Jelena, N. Stevan, M. Jelica, A. Mijana, R.Svjetlana, «Fusarium rot of onion and possible use of bioproduct», *Proceedings of Natural Science*, vol. 114, pp. 135-148, 2008.

- [22] K. Shehu, H.A. Suberu, M.D. Magaji, «Amelioration of Purple Blotch Disease in Onion (*Allium cepa* L.) Seedlings with Organic Soil Amendments », *Nigerian's Journal of Basic Applied Science*, vol. 16, no 2, pp. 203-206, 2008.
- [23] Tarpaga, W.V., Rouamba, A., et Tamini, Z., «Effects of the production season and the size of onion bulbs (*Allium cepa* L.) on their storage life at room temperature and humidity in Burkina Faso. *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 2, no. 7, pp. 1072-1078, 2011.
- [24] Kane A., Effets des fongicides (Basamid, Cryptonol, Enzone) et des endomycorhizes sur la croissance et le développement de deux variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) cultivées sur un sol infesté par *Pyrenochaeta terrestris* au Nord-Ouest du Sénégal, Thèse de Doctorat, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 1997.