

GESTION DE LA CERCOSPORIOSE NOIRE DANS LES EXPLOITATIONS DE PLANTAIN EN AFRIQUE DE L'OUEST : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DE LUTTE INTEGREE INCLUANT TRICHODERMA SPP

F. A. AHOHOUENDO^{1*}, C. E. TOGBE¹, S. TRAORE², B. C. AHOHOUENDO¹

¹Laboratoire de Biologie Végétale, Unité de Recherche en Phytopathologie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

²Laboratoire de Défense des Cultures Station Bimbresso, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1536 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant : a.f.ahohouendo@gmail.com (AHOHOUENDO Fanou Alain)

RESUME

La culture du plantain est menacée par la cercosporiose noire, maladie fongique la plus dommageable dans la production bananière avec un impact économique assez élevé. Le présent document fait le point des stratégies de protection phytosanitaire actuellement mises en œuvre dans les exploitations en Afrique de l'Ouest, suivi d'une analyse de l'efficacité desdites stratégies. En dehors de la situation de gestion de la cercosporiose noire en Afrique de l'Ouest, un accent particulier a été mis sur le Bénin et la Côte d'Ivoire. Il ressort de cette analyse que les plantations de plantain en Afrique de l'Ouest sont faiblement entretenues. L'utilisation des produits de synthèse est très peu pratiquée car elle n'est pas adaptée aux conditions de production actuelles des exploitations paysannes de plantain. De plus, les variétés améliorées et résistantes à la maladie introduites n'ont pas été adoptées par les producteurs. Tout ceci suggère une nouvelle orientation des stratégies de lutte contre cette maladie dans les exploitations traditionnelles à base de plantain. L'intégration des agents de lutte biologique comme *Trichoderma* spp. dont l'efficacité a été prouvée contre plusieurs maladies est envisageable dans la perspective de lutte intégrée. Toutefois, la mise à l'échelle de cette stratégie n'est pas sans défi.

Mots clés : Banane ; Maladie des raies noires ; *Trichoderma* ; Lutte biologique ; Bénin

ABSTRACT

BLACK SIGATOKA MANAGEMENT IN PLANTAIN-BASED FARMS IN WEST AFRICA: CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR INTEGRATED CONTROL INCLUDING *TRICHODERMA* SPP

*Plantain is threatened by Black Sigatoka, the most damaging fungal disease in banana production with a fairly high economic impact. This paper provides an update on the phytosanitary protection strategies currently being implemented on farms in West Africa, followed by an analysis of the effectiveness of these strategies. Apart from the general situation of Black Sigatoka management in West Africa, particular emphasis has been placed on the management of this disease in Benin and Côte d'Ivoire. This analysis indicated that little care has been given to plantain plantations in West Africa. Synthetic pesticides are poorly used in plantain fields because this practice is not adapted to the current production conditions of those farmers. Moreover, the improved and disease-resistant varieties, previously introduced were not adopted by farmers. Overall, this suggests a new option for control strategies for Black Sigatoka on traditional plantain farms. Integration of biological control agents such as *Trichoderma* spp., tested to be effective against several diseases can be a good candidate in designing an integrated disease management strategy. However, scaling up this control strategy will not be without challenges.*

Keys words: Banana; Black leaf steak; *Trichoderma*; Biological control; Benin

INTRODUCTION

La cercosporiose noire ou la maladie des raies noires des bananiers est provoquée par le champignon *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, [anamorph : *Pseudocercospora ūjiensis* (Morelet) Deighton]. Elle constitue l'une des maladies foliaires les plus dommageables aux bananiers (Churchill, 2011). Identifiée pour la première fois dans les Iles Fidji, la maladie a atteint l'Afrique à partir du Gabon où elle a été signalée pour la première fois en 1978 (Frossard, 1980). Depuis, elle s'est propagée dans toutes les régions d'Afrique de l'Ouest et de l'Est où les *Musa* sont présents (Blomme *et al.*, 2013). Les symptômes sont foliaires et se traduisent par des lésions nécrotiques plus ou moins sévères provoquant un dessèchement des feuilles (Castelan *et al.*, 2012). Ces attaques affectent la photosynthèse de la plante occasionnant ainsi une baisse du poids des régimes (Kwa & Temple, 2019). Les pertes directes de rendement sont estimées entre 20 à 50 % (Seydou *et al.*, 2017) et peuvent atteindre 100 % à partir du deuxième cycle de la culture (Chillet *et al.*, 2009). Des pertes indirectes sont aussi enregistrées et affectent le potentiel de conservation avec un risque élevé de maturation précoce des fruits (de Lapeyre de Bellaire *et al.*, 2014).

Les méthodes de gestion de la cercosporiose noire basées sur la lutte chimique (Churchill, 2011), la lutte génétique (Soares *et al.*, 2021) et les pratiques culturales (Kwa & Temple, 2019) ont présenté des limites et/ou des inconvénients (Seydou *et al.*, 2017). Ces insuffisances se manifestent par une nuisance à la santé humaine et à l'environnement et/ou une inadéquation entre le contexte local de production et la méthode proposée (Oiram Filho *et al.*, 2019). Il est donc nécessaire de proposer une combinaison raisonnée de stratégies, telle que l'intégration des agents de lutte biologique BCAs dans les anciens modèles de contrôle. Ainsi, le point des pratiques de gestion de la cercosporiose noire au niveau des exploitations à base de plantain en Afrique de l'Ouest, est donc essentiel pour envisager de nouvelles perspectives basées sur le développement de stratégies innovantes de contrôle plus efficaces, durables et accessibles aux producteurs. Ces stratégies pourraient être déterminées suivant les systèmes de cultures en place.

METHODOLOGIE

Une synthèse bibliographique à partir de 66 articles, rapports d'activité et chapitres de livres a été réalisée. Elle a pour objectif d'identifier et analyser la performance des principales méthodes de contrôle de la cercosporiose noire adoptées par les producteurs dans les exploitations traditionnelles à base de plantain en Afrique de l'Ouest, avec un accent particulier sur le Bénin et la Côte d'Ivoire. Les perspectives de gestion intégrée de cette maladie pour une durabilité des exploitations ont été aussi présentées suivi des défis à relever pour la concrétisation de la proposition. Les articles utilisés dans le cadre de ce travail ont été téléchargés à partir des moteurs de recherche en ligne tels que : PubMed, ResearchGate, Scopus, Google, Google Scholar et les plateformes de PMC, Springer et de Elsevier.

CONTRAINTES DE GESTION DE LA CERCOSPORIOSE NOIRE AVEC LES PRODUITS DE SYNTHÈSE ET LES VARIÉTÉS RESISTANTES

Les systèmes de culture à base de plantain les plus dominants en Afrique de l'Ouest sont les cultures associées estimées 76,5 % (Norgrove & Hauser, 2014). Dans ces systèmes, le plantain est généralement associé à plusieurs autres cultures vivrières ou plantes industrielles comme le cacao (Akinyemi *et al.*, 2010). Dans ce cas, le plantain est la plupart du temps considéré comme une culture secondaire (Traoré *et al.*, 2009). Les plantations sont généralement de petite à moyenne taille (1 à 5 ha) et l'utilisation des produits de synthèse pour le contrôle des maladies est presque inexistante à cause des ressources des producteurs et leurs connaissances limitées sur les maladies des cultures (Alakonya *et al.*, 2018; Tafesse *et al.*, 2018). Au Bénin, les producteurs de plantain ont une vague connaissance des symptômes de la cercosporiose noire, qu'ils confondent généralement à la senescence des feuilles ou des brûlures causées par les rayons solaires (Ahoouendo *et al.*, 2020). A l'opposé, la menace de la cercosporiose noire est plus élevée en monoculture (Kwa & Temple, 2019). Ce système implique une densité élevée de plantation oscillant entre 1667 et 2500 plants/

ha (N'guetta *et al.*, 2016). Cette densité offre un microclimat favorable à la multiplication du pathogène (Yonow *et al.*, 2019). Toutefois, ce système de culture est peu pratiqué par les producteurs de plantain en Afrique de l'Ouest. En Côte d'Ivoire, il représente 8 % des exploitations à base de plantain dans les cinq départements situés en zone forestière (Traoré *et al.*, 2009) et respectivement 11 % et 7 % dans la commune d'Athiémé au Bénin (Glèlè, 2020) et dans les régions Ashanti, Brong-Ahafo et à l'Est du Ghana (Dankyi *et al.*, 2007). Dans les systèmes de monoculture industrielle où les variétés de banane dessert sont généralement cultivées (Essis *et al.*, 2020), la lutte contre la cercosporiose noire repose principalement sur des applications répétitives de produits de synthèse, en particulier les fongicides systémiques (Churchill, 2011). Une gamme diversifiée de matières actives sont fréquemment alternées dont les inhibiteurs de la C-14 déméthylation tels que le Propiconazole, Difenoconazole, Epoxiconazole de la famille des triazoles (N'guessan *et al.*, 2016). Cette approche présente des externalités négatives notamment sur la santé humaine et l'environnement, surtout lorsqu'elle est appliquée sans discernement (Soares *et al.*, 2021). De plus, elle est très coûteuse, avec en moyenne 1000 \$/ha/an dans les grandes plantations, avoisinant ainsi 30 % des coûts de production (Alakonya *et al.*, 2018). Un autre facteur important lié à l'utilisation des produits agrochimiques est l'apparition des souches résistantes du pathogène aux fongicides (Oiram Filho *et al.*, 2019). C'est le cas des souches issues des plantations industrielles de la banane dessert en Côte d'Ivoire qui ont développé une résistance aux triazoles, aux tébuconazoles et aux époxiconazoles, mise en évidence au laboratoire (Kouame *et al.*, 2020). Elle s'est traduite aux champs par une perte d'efficacité de ces fongicides à travers une augmentation du nombre de traitements qui est passé de 8 traitements à 15 traitements par an en moyenne en dix ans dans des plantations industrielles de bananes (N'guessan *et al.*, 2016).

Le développement de cultivars résistants de plantain à la cercosporiose noire est reconnu comme la méthode la plus efficace et sans effet négatif sur l'environnement pour le contrôle à long terme de la maladie, du fait de la susceptibilité de la majorité des cultivars locaux (Soares *et al.*, 2021). Ces dernières décennies,

de nouveaux hybrides de plantain résistants ou tolérants aux maladies, en particulier la cercosporiose noire, ont été créés, suivi de l'introduction desdites variétés dans plusieurs pays d'Afrique, dont le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Nigeria, le Bénin (Tenkouano *et al.*, 2019). Parmi ces variétés, Pita 3 et FHIA 21 ont été identifiées comme les meilleures et ont été largement diffusées dans la sous-région ouest africaine (Angbo-Kouakou *et al.*, 2016; Tenkouano *et al.*, 2019) du fait de leurs rendements élevés et leur résistance à la cercosporiose noire (Karamura *et al.*, 2016). Une évaluation de ces nouvelles variétés de plantain a montré qu'elles ont été confrontées par endroit aux problèmes d'adoption par les producteurs. C'est le cas au Bénin (Honfo *et al.*, 2020) et en Côte d'Ivoire (Angbo-Kouakou *et al.*, 2016; Perrin, 2015) où les deux meilleures variétés (Pita3 et FHIA 21) ont été très peu adoptées. Ceci s'explique d'une part par une inadéquation entre le contexte local de production et le paquet technique, technologique de production et de transformation lié aux nouvelles variétés (Janvry *et al.*, 2015). D'autre part, ces variétés ne répondent pas aux préférences alimentaires des consommateurs (Angbo-Kouakou *et al.*, 2016). De même, Madalla (2021) a révélé qu'en Tanzanie et en Ouganda (Afrique de l'Est), la plupart des hybrides de bananes étaient bien appréciés par les agriculteurs en termes de performances agronomiques, mais très mal appréciés en termes de caractéristiques organoleptiques. En effet, l'acceptabilité et l'adoption de ces nouvelles variétés par les consommateurs sont basées sur une combinaison de caractères sociologiquement propres à chaque communauté (Karamura *et al.*, 2016), notamment le goût, la consistance et les meilleures propriétés de cuisson (Quain *et al.*, 2018). Une approche participative impliquant les agriculteurs et les consommateurs est donc nécessaire dans le cadre de la sélection de nouvelles variétés (Madalla, 2021).

PRATIQUES CULTURALES DE GESTION DE LA CERCOSPORIOSE NOIRE

La lutte chimique et l'utilisation des variétés améliorées demeurent les principales méthodes utilisées pour lutter efficacement contre la cercosporiose noire (Churchill, 2011; Tenkouano *et al.*, 2019). Toutefois, les méthodes culturelles sont aussi utilisées par des producteurs dans

les petites exploitations. Au nombre des pratiques culturales de gestion de la cercosporiose noire, l'effeuillage est le plus pratiqué (Alakonya *et al.*, 2018). Elle est l'une des mesures prophylactiques de base, axée sur l'ablation mécanique des feuilles nécrosées et non en une coupe systématique du limbe foliaire ou des feuilles entières (de Lapeyre de Bellaire *et al.*, 2014). Au Bénin, l'effeuillage est pratiqué par environ 30,2 % des producteurs qui ont une bonne perception de la cercosporiose noire (Ahoouendo *et al.*, 2020). L'effeuillage présente l'avantage de réduire l'inoculum au niveau des plantations et de favoriser le contrôle de la maladie (Essis *et al.*, 2020). Les producteurs qui pratiquent cette technique au Bénin ont reconnu son efficacité, mais ont indiqué que l'effeuillage a pour inconvénients de conduire à la réduction du poids des fruits (Ahoouendo *et al.*, 2020), certainement parce que les normes en la matière n'ont pas été respectées. A cet effet, de Lapeyre de Bellaire *et al.* (2010), ont recommandé que cette pratique se limite en une simple ablation mécanique des parties foliaires nécrosées et non en une coupe systématique du limbe foliaire ou des feuilles entières qui peut avoir comme conséquence chez les bananiers, la réduction de la production de carbohydrates et donc de matières sèches et alors de réduction de poids des fruits. Toutefois, il est possible d'améliorer le niveau d'efficacité de cette technique en l'intégrant à d'autres pratiques telles que l'irrigation sous couvert végétal (Akinro *et al.*, 2012), le mélange variétal (Seydou *et al.*, 2017), une bonne fertilisation pour renforcer le système de défense de la plante (Aba & Baiyeri, 2015), une bonne gestion du niveau de l'enherbement et le curage régulier des drains afin de maintenir l'humidité à un niveau non favorable au développement du pathogène (Essis *et al.*, 2020).

PERSPECTIVES DE LUTTE INTEGREE INCLUANT TRICHODERMA

L'intégration des BCAs comme *Trichoderma* spp. dans une démarche de lutte intégrée s'est révélée efficace contre certaines maladies des plantes (Adandonon *et al.*, 2006; Fenibo *et al.*, 2020) et en même temps présente un faible risque pour la santé humaine et l'environnement (Cavero *et al.*, 2015). En raison de son principal habitat naturel, *Trichoderma* a été exploité au

départ en tant qu'agent de lutte biologique contre les maladies du sol et la fonte des semis (Adandonon, 2006; Sawant, 2014). Par la suite, l'efficacité de *Trichoderma* a été démontrée pour la gestion des maladies foliaires des plantes (Abdel-Kader *et al.*, 2012).

Plusieurs mécanismes d'action impliqués dans le biocontrôle des pathogènes ont été identifiés chez *Trichoderma* (Sood *et al.*, 2020). Le mycoparasitisme est le mécanisme d'action qui confère plus d'efficacité aux espèces de *Trichoderma* pour le contrôle des maladies fongiques foliaires (Wang *et al.*, 2015). En effet, ce mécanisme est une relation antagoniste et nécrotrophique entre les deux espèces fongiques au sein de laquelle *Trichoderma* attaque directement le pathogène (Singh *et al.*, 2012). Il est sous le contrôle d'évènements séquentiels allant de la reconnaissance de l'hôte, la croissance chimio-trophique positive, le contact direct avec le pathogène, l'enroulement autour des hyphes du pathogène, la pénétration et la lyse de l'hôte (Monfil & Casas-Flores, 2014). L'antibiose est le second mécanisme d'accomplissement de *Trichoderma* pour le contrôle des maladies foliaires. Il est le processus par lequel des composés diffusibles de faible poids moléculaire, en particulier les métabolites secondaires, interagissent et inhibent la croissance du pathogène. De plus, plusieurs espèces de *Trichoderma* ont exprimé leur capacité de synthèse de plusieurs autres métabolites défensifs et antibiotiques impliqués dans le contrôle des maladies foliaires (Sood *et al.*, 2020). A travers le complexe *Trichoderma*-plante, les espèces de *Trichoderma* sont capables d'induire une résistance aux plantes par une stimulation des mécanismes de défense de la plante (Yedidia *et al.*, 1999). Ce phénomène est possible grâce à une panoplie d'activités biochimiques issue de l'interaction *Trichoderma*-racine des plantes impliquant de nombreux métabolites bioactifs produits par le BCA. De nombreux travaux ont montré l'induction de la résistance systémique et locale vis-à-vis d'un éventail de pathogènes dont *M. fijiensis*, agent causal de la cercosporiose (Castro *et al.*, 2015; Shores *et al.*, 2010). La capacité de régulation de la croissance et de la physiologie des plantes est une autre caractéristique des espèces de *Trichoderma*. Ce mécanisme est généralement possible grâce aux diverses molécules organiques et inorganiques sécrétées par *Trichoderma* dont des protéines spécifiques régulant différents

processus physiologiques (Alfiky & Weisskopf, 2021). Dans les conditions de stress, *Trichoderma* améliore l'absorption et l'assimilation par les plantes des macronutriments essentiels du sol tels que l'azote (Fiorentino *et al.*, 2018), le phosphore (Meng *et al.*, 2019) et les oligo/micro-nutriments, comme le fer (Chen *et al.*, 2019). Ce rôle de régulateur des nutriments assuré par *Trichoderma* est essentiel pour la défense des plantes contre les bioagresseurs (Aesan *et al.*, 2020).

L'accomplissement de ces mécanismes d'action intrinsèques à *Trichoderma* est la résultante de nombreuses propriétés du BCA dont sa capacité à survivre dans les conditions défavorables, sa grande capacité reproductive, sa croissance rapide et son agressivité contre les champignons phytopathogènes (Kumar *et al.*, 2017). Toutefois, l'expression du potentiel biologique de *Trichoderma* pour le contrôle des maladies foliaires se traduit par le respect des conditions d'utilisation des produits à base de *Trichoderma*. Cependant, les conditions environnementales sur le terrain restent l'une des principales limites à l'utilisation des produits à base de BCAs (Bashan *et al.*, 2014). Ainsi, les paramètres tels que le rayonnement ultraviolet (Costa *et al.*, 2016), l'humidité relative et la température (Domingues *et al.*, 2016) pourraient avoir des effets négatifs sur la bio-efficacité des produits. L'ajout des adjuvants spécifiques aux produits est donc recommandé lors de la formulation ou de l'utilisation, favorisant ainsi, l'adhésion et la protection des spores contre les aléas climatiques après une application foliaire (Komala *et al.*, 2019).

En ce qui concerne le mode d'application des BCAs, certains auteurs ont conclu que l'application de *Trichoderma* spp. dans la partie rhizosphérique semble être la plus efficace comparativement au traitement foliaire. En moyenne, une concentration de 2,13.10⁷ spores de *Trichoderma*/ml de solution a été nécessaire pour réduire significativement la pression de la pourriture grise de la tomate en 4 à 6 traitements avec un intervalle moyen de 19 jours entre deux traitements (Risoli *et al.*, 2022). Toutefois, ces informations méritent un ajustement à partir d'essais en vue de la mise en place d'un protocole de gestion intégrée à base de *Trichoderma* contre la cercosporiose noire.

L'approche de la lutte intégrée associant les BCAs aux fongicides de synthèse a été présentée comme un moyen de réduction des doses de fongicides de synthèse et ainsi leurs résidus dans les aliments (Khalequzzaman, 2016). Toutefois, la compatibilité des BCAs avec les fongicides de synthèse peuvent varier lorsqu'ils sont appliqués en mélange ou utilisés en alternance. Les espèces à fort potentiel antagoniste de *Trichoderma* spp. sont intrinsèquement résistantes à certains fongicides, permettant pour la plupart une application combinée aux fongicides (Ons *et al.*, 2020). Ainsi, une combinaison de *T. virens* et de thiophanate-méthyl s'est avérée compatible et plus efficace que l'un ou l'autre en application simple contre *Fusarium solani* et *F. oxysporum* du haricot au champ et sous serre (Abd-El-Khair *et al.*, 2019). Par contre, il a été nécessaire de recourir à une application alternée de *Trichoderma* spp. et une faible dose de fluazinam (0,1 %) pour plus d'efficacité de contrôle de *Rosellinia necatrix*, agent causal de la pourriture blanche de l'avocatier (Ruano-Rosa *et al.*, 2017). Une autre méthode de la lutte intégrée implique une combinaison de plusieurs produits à base de BCAs de différentes familles en application simple ou combinée avec les pesticides de synthèse. Pour le contrôle au champ des principales maladies de la tomate, l'efficacité de la combinaison de *Trichoderma harzianum*, de *Pseudomonas fluorescens* cultivé sur du vermicompost et le champignon mycorhizien *Glomus intraradices* incorporé dans le substrat de plantation des plants ont été prouvé (Kabdwal *et al.*, 2019). Ces diverses expérimentations peuvent servir d'exemples pour la mise en place d'un protocole de lutte associant les fongicides classiques et *Trichoderma* spp dans la gestion de la cercosporiose noire.

Dans une autre approche de lutte intégrée, de Medeiros *et al.* (2021) ont proposé l'association de *Trichoderma* spp et du biochar, un produit issu de la pyrolyse des matières organiques. Selon ces auteurs, l'incorporation du mélange biochar-*Trichoderma* dans la rhizosphère des plantes agit directement ou indirectement pour le contrôle des maladies à travers l'induction de la résistance aux plantes, la promotion sélective de micro-organismes fonctionnels et bénéfiques du sol, l'amélioration des conditions abiotiques favorisant la multiplication des espèces de BCA inféodées aux plantes.

DEFIS DE L'INTRODUCTION DES PRODUITS À BASE DE TRICHODERMA DANS LA LUTTE CONTRE LA CERCOSPORIOSE NOIRE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Des défis scientifiques, technologiques et comportementaux sont à relever pour l'effectivité de l'intégration des produits à base de Trichoderma dans les pratiques de lutte contre la cercosporiose noire en Afrique de l'Ouest.

En effet, l'identification de potentielles espèces de Trichoderma endogènes est un axe de recherche essentiel pour le processus. A cet effet, les espèces *T. harzianum*, *T. aureoviridea*, *T. hamatum*, *T. polysporum*, *T. asperellum*, *T. asperelloides*, *T. viridae*, et *T. longibrachiatum* ont été identifiées comme les potentielles espèces largement utilisées pour le contrôle des champignons et bactéries phytopathogènes (Hewedy *et al.*, 2019; Kannangara *et al.*, 2017). Le second défi est lié à la production de masse des spores du champignon à moindre coût et la formulation des produits à base de Trichoderma. Ainsi, le substrat de multiplication des spores a été identifié comme la principale matière première pouvant atteindre 35 à 40 % du coût de la production (Eltem *et al.*, 2017). Plusieurs substrats à base de matériaux locaux, disponibles en Afrique de l'Ouest à moindre coût ont été donc homologués à la suite de recherches. Le sorgho, le maïs (Kumar *et al.*, 2014), le son du riz et la bouse de vache (Naeimi *et al.*, 2020) ont été identifiés comme les substrats de multiplication les plus appropriés. L'amélioration de la stabilité et la standardisation des biopesticides figurent aussi parmi les principaux défis de formulation et de mise à l'échelle des produits à base de BCAs (Damalas & Koutroubas, 2018). Cependant, l'industrie des intrants agricoles biologiquement actifs est encore sous-développée dans de nombreux pays africains en raison de plusieurs obstacles (Raimi *et al.*, 2021). Il s'agit principalement d'un défaut d'investissement dans les infrastructures technologiques adéquates, dans la recherche-développement adaptée et dans la formation d'une main-d'œuvre qualifiée nécessaire au développement durable du secteur (Ivase *et al.*, 2017). Il est donc nécessaire de mettre en place des partenariats Nord-Sud ou Sud-Sud pour la levée des contraintes. A cet effet, l'Inde a un parcours exceptionnel dans la recherche, la formulation et la mise en place réussie des

stratégies de mise à échelle des produits à base de Trichoderma (Mishra *et al.*, 2020). En outre, l'Inde dispose de trois grandes firmes de formulation et de production à grande échelle des produits à base de Trichoderma (Samada & Tambunan, 2020). Tout ceci réuni fait de l'Inde un pays dont l'expertise peut être sollicitée pour la reproduction de ces expériences avec succès dans le reste du monde.

Le dernier défi est lié à l'acceptation des produits à base de Trichoderma par les producteurs. L'adoption des biopesticides à base Trichoderma en tant que produits courants est restée balbutiante, en particulier dans les pays en voie de développement (Mishra & Arora, 2016). Les raisons énumérées sont entre autres le manque de sensibilisation des producteurs sur les caractéristiques techniques et sur l'utilisation des biopesticides en général (Mawar *et al.*, 2021). Ainsi, la décision d'adoption d'une nouvelle technologie agricole par les producteurs est déterminé par des facteurs dont les plus critiques et récurrents sont les facteurs socio-économiques (en particulier le niveau d'études, le coût d'adoption de la technologie et le retour sur investissement), les facteurs technologiques (les caractéristiques de la nouvelle technologie, sa facilité de manipulation) et les facteurs institutionnels (les implications institutionnelles, l'accès au crédit et au service de vulgarisation de la technologie) (Obayelu *et al.*, 2017). A ce sujet, Mawar *et al.* (2021) estiment que la plupart des défis liés à la promotion des bio-formulations sont fondamentaux et leur aboutissement dépend de la prise en compte de tous ces facteurs.

CONCLUSION

Cet article a permis d'apprécier les mesures phytosanitaires mises en place par les producteurs dans les exploitations à base de plantain en Afrique de l'Ouest. Dans ce contexte, il est souhaitable de tester l'intégration de plusieurs méthodes de lutte dans une perspective de paquet technologique, avec l'agent antagoniste Trichoderma comme principale composante. Les défis technologiques liés à la production de la biomasse conidienne, la formulation, la stabilisation, la standardisation et l'adoption par les producteurs des produits à base de Trichoderma restent des facteurs non négligeables à prendre en compte pour une réussite de la proposition. Dans la

mesure où les producteurs et les consommateurs sont attachés aux cultivars traditionnels de plantain, le renforcement de la résistance de ces cultivars traditionnels avec l'application des BCAs efficace comme *Trichoderma harzianum* est à encourager. L'approche « Champ Ecole des Paysans » pourrait être appropriée pour atteindre cet objectif noble afin de réduire les pertes dues aux effets négatifs de la cercosporiose noire. Plus encore, l'implication des gouvernants et du secteur privé dans l'investissement durable et le soutien technique conduira à une commercialisation et une adoption à grande échelle des biopesticides en Afrique de l'Ouest.

REMERCIEMENTS

Ce travail a reçu l'appui financier de l'Agence Universitaire de la Francophonie à travers le projet de recherche partenarial N° DRAO-2017-U-S0531PRS20803, intitulé : « Amélioration de la productivité des plantains (*Musa* spp.) au Bénin à travers l'utilisation de variétés élites et des technologies innovantes de production ».

REFERENCES

- Aba S. C., and K. P. Baiyeri. 2015. Nitrogen and potassium fertilizer influenced nutrient use efficiency and biomass yield of two plantain (*Musa* spp. AAB) genotypes. *African Journal of Agricultural Research* 10(6): 458–471. <https://doi.org/10.5897/ajar2014.9198>
- Abd-El-Khair H., I. E. Elshahawy, H. E. K. Haggag. 2019. Field application of *Trichoderma* spp. combined with thiophanate-methyl for controlling *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum* in dry bean. *Bulletin of the National Research Centre* 43(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0062-5>
- Abdel-Kader M. M., N. S. El-Mougy, M. D. E. Aly, S. M. Lashin, F. Abdel-Kareem. 2012. Greenhouse Biological Approach for Controlling Foliar Diseases of Some Vegetables. *Advances in Life Sciences* 2(4): 98-103. <https://doi.org/10.5923/j.als.20120204.03>
- Adandonon, A., T. A. S. Aveling, N. Labuschagne, M. and Tamo. 2006. Biocontrol agents in combination with *Moringa oleifera* extract for integrated control of *Sclerotium*-caused cowpea damping-off and stem rot. *European Journal of Plant Pathology* 115(4): 409-418.
- Ahohouendo F. A., C. E. Togbe, F. R. Agbovoedo, B. C. Ahohouendo. 2020. Farmers Knowledge, Perceptions and Management of Black Sigatoka in Small Plantain-Based Farms in Southern Benin. *American Journal of Life Sciences* 8(5): 172-182. <https://doi.org/10.11648/j.ajls.20200805.23>
- Akinro A. O., A. A. Olufayo, P. G. Oguntunde. 2012. Crop Water Productivity of Plantain (*Musa* Sp) in a Humid Tropical Environment. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 5(1): 19-25. <https://doi.org/10.25103/jestr.051.04>
- Akinyemi S. O. S., I. O. O. Aiyelaagbe, E. Akyeampong. 2010. Plantain (*Musa* spp.) cultivation in Nigeria: A review of its production, marketing and research in the last two decades. *Acta Horticulturae* 879: 211-218. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.879.19>
- Alakonya A. E., J. Kimunye, G. Mahuku, D. Amah, B. Uwimana, A. Brown, R. Swennen. 2018. Progress in understanding Pseudocercospora banana pathogens and the development of resistant *Musa* germplasm. *Plant Pathology* 67(4): 759-770. <https://doi.org/10.1111/ppa.12824>
- Alfiky A., and L. Weisskopf. 2021. Deciphering *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *Journal of Fungi* 7(1): 1-18. <https://doi.org/10.3390/jof7010061>
- Angbo-Kouakou E., L. Temple, S. Mathé, A. Assemien. 2016. Plateformes d'innovation comme dispositif d'orientation des trajectoires technologiques des filières agricoles. Cas de la filière banane plantain en Côte d'Ivoire. *OpenScience* 17(2): 1-18. <https://doi.org/10.21494/iste.op.2017.0107>
- Bashan Y., L. E. de-Bashan, S. R. Prabhu, J. P. Hernandez. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil* 378(1-2): 1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
- Blomme G., R. Ploetz, D. Jones, E. De Langhe, N. Price, C. Gold, A. Geering, A. Viljoen, D. Karamura, W. Tinzaara, P. Y. Teycheney, P. Lepoint, E. Karamura and I. Buddenhagen. 2013. A historical overview of the appearance and spread of *Musa* pests and pathogens on the African continent: Highlighting the importance of clean *Musa* planting materials and quarantine measures. *Annals of Applied Biology* 162(1): 4-26. <https://doi.org/10.1111/aab.12002>

- Castelan F. P., L. A. Saraiva, F. Lange, L. de Lapeyre de Bellaire, B. R. Cordenunsi, M. Chillet. 2012. Effects of Black Leaf Streak Disease and Sigatoka Disease on fruit quality and maturation process of bananas produced in the subtropical conditions of southern Brazil. *Crop Protection*, 35 (1): 127-131. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.002>
- Castro R., M. Pesántez, V. Flores, C. Díaz, L. Castro, Y. Alvarado-Capó. 2015. Efecto de cepa ecuatoriana de *Trichoderma harzianum* Rifai como antagonista de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en condiciones de casa de cultivo. *Rev. Protección Veg.* 30(2): 133–138.
- Cavero P. A. S., R. E. Hanada, L. Gasparotto, R. A. C. Neto, J. T. de Souza. 2015. Biological control of banana black Sigatoka disease with *Trichoderma*. *Crop Protection* 45(6): 951–957. <https://doi.org/Trichoderma>. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140436951>
- Chen M., Q. Liu, S. S. Gao, A. E. Young, S. E. Jacobsen, Y. Tang. 2019. Genome mining and biosynthesis of a polyketide from a biofertilizer fungus that can facilitate reductive iron assimilation in plant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116(12): 5499-5504. <https://doi.org/10.1073/pnas.1819998116>
- Chillet M., C. Abadie, O. Hubert, Y. Chilin-Charles, L. de Lapeyre de Bellaire. 2009. Sigatoka disease reduces the greenlife of bananas. *Crop Protection* 28(1): 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.08.008>
- Churchill A. C. L. 2011. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: Progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology* 12(4): 307-328. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x>
- Costa L. B., M. A. B. Morandi, S. M. Stricker, W. Bettiol. 2016. UV-B radiation reduces biocontrol ability of *Clonostachys rosea* against *Botrytis cinerea*. *Biocontrol Science and Technology* 26(12): 1736-1749. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1241981>
- Damalas C. A., and S. D. Koutroubas. 2018. Current status and recent developments in biopesticide use. *Agriculture* 8(13): 1-6. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>
- Dankyi A. A., B. M. Dzomeku, F. O. Anno-Nyako, A. A. Appiah, G. Antwi. 2007. Plantain production practices in Ashanti, Brong-Ahafo and Eastern Regions of Ghana. *Asian Journal of Agricultural Research* 1(1): 1–9.
- de Lapeyre de Bellaire L., C. Abadie, J. Carlier, J. E. Ngando, G. H. J. Kema. 2010. Les cercosporioses des bananiers (*Mycosphaerella* spp): vers une lutte intégrée. De la théorie à la pratique. Étude de cas sur la banane. Guide N°2
- Domingues M. V. P. F., K. E. de Moura, D. Salomão, L. M. Elias, F. R. A. Patricio. 2016. Efeito da temperatura sobre o crescimento micelial de *Trichoderma*, *Sclerotinia minor* e *S. sclerotiorum* e sobre o micoparasitismo. *Summa Phytopathologica* 42(3): 222-227. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2146>
- Eltem R., S. Sayit, S. Sozer, V. Sukan. 2017. United States Patent (Patent No. US009551 012B2 (10).
- Essis S. B., B. K. E. Dibi, S. Traoré, A. M. Kouakou, B. N'zué, K. D. Kobenan, D. Koné. 2020. Etat phytosanitaire dans les plantations industrielles de bananiers dans la lutte contre la cercosporiose noire en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 16 (12): 393-409. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n12p393>
- Fenibo E., G. Ijoma, T. Matambo. 2020. Biopesticides in sustainable agriculture: Current status and prospects. Preprints, 1-43.
- Fiorentino N., V. Ventorino, S. L. Woo, O. Pepe, A. De Rosa, L. Gioia, I. Romano, N. Lombardi, M. Napolitano, G. Colla, and Y. Roupael. 2018. *Trichoderma*-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 9(June) 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00743>
- Frossard P. 1980. Apparition d'une nouvelle et grave maladie foliaire des bananiers et plantain au Gabon, la maladie des raies noires due à *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet. *Fruits* 35(9): 519-527.
- Glèlè M. S. 2020. Etude diagnostique des systèmes de cultures à base de plantain dans la commune d'Athiémé, Sud-Bénin. Mémoire de Licence, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 59p
- Hewedy O. A., K. S. Abdel-Lateif, R. A. Bakr. 2019. Genetic diversity and biocontrol efficacy of indigenous *Trichoderma* isolates against *Fusarium* wilt of pepper. *Journal of Basic Microbiology* 1(10): 126-135. <https://doi.org/10.1002/jobm.201900493>

- Honfo F. G., E. C. Togbe, A. F. Ahohouendo, B. C. Ahohouendo. 2020. Physical characteristics of some banana plantain cultivars (*Musa spp.*) consumed in Benin. *Ann. UP, Série Sciences Naturelles Agronomie* 10(2): 17-22.
- Ivase T. J-P., B. B. Nyakuma, B. U. Ogenyi, A. D. Balogun, M. N. Hassan. 2017. Current status, challenges, and prospects of biopesticide utilization in Nigeria. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment* 9(1): 95-106. <https://doi.org/10.1515/ausae-2017-0009>
- Janvry A., E. Sadoulet, E. Kyle, M. Dar. 2015. L'adoption des technologies agricoles / : quelles leçons tirer des expérimentations. *De Boeck Supérieur* 23: 129-153.
- Kabdwal B. C., R. Sharma, R. Tewari, A. K. Tewari, R. P. Singh, J. K. Dandona. 2019. Field efficacy of different combinations of *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, and arbuscular mycorrhiza fungus against the major diseases of tomato in Uttarakhand (India). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 29(1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0103-7>
- Kannangara S., R. M. G. C. S. Dharmarathna, D. L. Jayarathna. 2017. Isolation, Identification and Characterization of *Trichoderma* Species as a Potential Biocontrol Agent against *Ceratocystis paradoxa*. *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 51. <https://doi.org/10.4038/jas.v12i1.8206>
- Karamura D., R. Tumuhimbise, S. Muhangi, M. Nyine, M. Pillay, R. S. Tendo, D. Talengera, P. Namanya, J. Kubiriba, E. Karamura. 2016. Ploidy level of the banana (*Musa spp.*) accessions at the germplasm collection centre for the East and Central Africa. *African Journal of Biotechnology* 15(31): 1692-1698. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15442>
- Khalequzzaman K. M. 2016. Control of Foot and Root Rot of Lentil by using Different Management Tools. *ABC Journal of Advanced Research* 5(1): 35-42. <https://doi.org/10.18034/abcjar.v5i1.56>
- Komala G., G. Madhavi, R. NATH. 2019. Shelf life studies of different formulations based on *Trichoderma harzianum* (Th14). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 20(23&24): 1-5. <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Kouame K. J. J., K. Traoré, C. Tonessia, S. Traore, N. Aby, O. Atsin, A. N'guetta, and K. Kouman. 2020. Sensibilité de *Mycosphaerella fijiensis* aux différentes matières actives fongicides utilisées en bananeraies contre la maladie des raies noires en Côte d'Ivoire de 2016 à 2017. *International Journal of Advanced Research* 8(6): 692-704. <https://doi.org/10.21474/ijar01/11148>
- Kumar S., P. D. Roy, M. Lal, G. Chand, V. Singh. 2014. Mass multiplication and self life of *Trichoderma* species using various agroproducts. *The Bioscan* 9(3): 1143-1145. www.thebioscan.in
- Kumar G., A. Maharshi, J. Patel, A. Mukherjee, H. P. Singh, B. K. Sarma. 2017. *Trichoderma* : A Potential Fungal Antagonist to Control Plant Diseases. *Satsa (Mb)*, 21.
- Kwa M., and L. Temple. 2019. Le bananier plantain: Enjeux socio-économiques et techniques. In *Le bananier plantain (Quæ, CTA.)*. CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2680-1>
- Madalla N. A. 2021. Farmers' traits preferences for improved banana cultivars in Tanzania and Uganda. Introductory paper at the Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Sciences, Alnarp 2021
- Mawar R., B. L. Manjunatha, S. Kumar. 2021. Commercialization, diffusion and adoption of bioformulations for sustainable disease management in Indian arid agriculture: Prospects and challenges. *Circular Economy and Sustainability* 1(4): 1367-1385. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00089-y>
- Medeiros E. V., L. F. da-Silva, J. S. A. da-Silva, D. P. da-Costa, C. A. F. da-Souza, L. R. R. de-Berger. 2021. Biochar and *Trichoderma* spp. in management of plant diseases caused by soilborne fungal pathogens: a review and perspective. *Research, Society and Development* 10(15): 152-165. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22465>
- Meng X., Y. Miao, Q. Liu, L. Ma, K. Guo, D. Liu, R. Wei, and S. Qirong. 2019. TgSWO from *Trichoderma guizhouense* NJAU4742 promotes growth in cucumber plants by modifying the root morphology and the cell wall architecture. *Microbial Cell Factories*, 18(1): 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12934-019-1196-8>
- Mishra J., and K. N. Arora. 2016. Preface. In *Bioformulations for plant growth promoting and combating phytopathogens: Sustainable Agriculture* (p. 31). <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3>
- Mishra J., V. Dutta, N. K. Arora. 2020. Biopesticides in India: technology and sustainability linkages. *Biotech* 10(210): 1-12. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3>

- doi.org/10.1007/s13205-020-02192-7
- Monfil V. O., and S. Casas-Flores. 2014. Molecular Mechanisms of Biocontrol in *Trichoderma* spp. and Their Applications in Agriculture. In *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00032-1>
- N'guessan P., K. F. M. Kassi, B. Camara, K. Kobenan, D. Koné. 2016. Variabilité in vitro de souches *Mycosphaerella fijiensis* isolées des bananeraies indistrielles de la Côte d'Ivoire à différents fongicides de la familles des triazoles. *Agronomie Africaine*, 28(1): 47-59.
- N'guetta A. N., S. Traoré, N. T. Yao, N. Aby, Y. D. Koffi, G. O. Atsin, S. T. V. Otro, K. Kobenan, P. Gnonhour, A. Yao-Kouamé. 2016. Incidence de la densité de plantation sur la croissance et le rendement du bananier plantain en Côte d'Ivoire/ : cas de deux hybrides (PITA 3 et FHIA 21) et deux variétés locales (Corne 1 et Orishele). *Agronomie Africaine* 27(3): 213-222.
- Naeimi S., V. Khosravi, A. Varga, C. Vágvölgyi, L. Kredics. 2020. Screening of organic substrates for solid-state fermentation, viability and bioefficacy of *Trichoderma harzianum*, a biocontrol strain against rice sheath blight disease. *Agronomy* 10(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091258>
- Norgrove L., and S. Hauser. 2014. Improving plantain (*Musa* spp. AAB) yields on smallholder farms in West and Central Africa. *Food Security* 6(4): 501-514. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0365-1>
- Obayelu A, O. Ajayi, E. Oluwalana, O. Ogunmola. 2017. What does literature say about the determinants of adoption of agricultural technologies by smallholders farmers? *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal* 6(1): 1-10. <https://doi.org/10.19080/artoaj.2017.06.555676>
- Oiram Filho F., M. M. Lopes, M. L. Matias, T. R. Braga, F. A. S. Aragão, M. R. S. de Silveira, M. M. M. T. de Oliveira, E. de Oliveira Silva. 2019. Shelf-life estimation and quality of resistant bananas to black leaf streak disease during ripening. *Scientia Horticulturae* 251(July 2018) 267-275. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.029>
- Ons L., D. Bylemans, K. Thevissen, B. P. A. Cammue. 2020. Combining biocontrol agents with chemical fungicides for integrated plant fungal disease control. *Microorganisms*, 8(12): 1-19. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121930>
- Perrin A., 2015. Etude de la filière Banane Plantain en Côte d'Ivoire. Rapport RONGEAD/OCPV/CHIGATA/Comité Française pour la solidarité Internationale. 66p.
- Quain M. D., A. Agyeman, B. M. Dzomeku. 2018. Assessment of plantain (*Musa sapientum* L.) accessions genotypic groups relatedness using simple sequence repeats markers. *African Journal of Biotechnology* 17(16): 541-551. <https://doi.org/10.5897/ajb2017.16363>
- Raimi A., A. Roopnarain, R. Adeleke. 2021. Biofertilizer production in Africa: Current status, factors impeding adoption and strategies for success. *Scientific African* 11(3): 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00694>
- Risoli S., L. Cotrozzi, S. Sarrocco, M. Nuzzaci, E. Pellegrini, A. Vitti. 2022. *Trichoderma*-Induced Resistance to *Botrytis cinerea* in *Solanum* Species: A Meta-Analysis. *Plants* 11(2). <https://doi.org/10.3390/plants11020180>
- Ruano-Rosa D., I. Arjona-Girona, C. J. López-Herrera. 2017. Integrated control of avocado white root rot combining low concentrations of fluazinam and *Trichoderma* spp. *Crop Protection* 8(1): 363-370. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.06.024>
- Samada L. H., and U. S. F. Tambunan. 2020. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *OnLine Journal of Biological Sciences* 20(2): 66-76. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2020.66.76>
- Sawant I. S. 2014. *Trichoderma*-foliar pathogen interactions. *The Open Mycology Journal*, 8(1): 58-70. <https://doi.org/10.2174/1874437001408010058>
- Şesan T. E., A. O. Oancea, L. M. Ştefan, V. S. Mănoiu, M. Ghiurea, I. Răut, D. Constantinescu-Aruxandei, A. Toma, A. F. Bira, C. M. Pomohaci, and F. Oancea. 2020. Effects of foliar treatment with a *Trichoderma* plant biostimulant consortium on *Passiflora caerulea* yield and quality *Microorganisms*, 8(13): 2-27. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010123>
- Seydou T., A. Ler-N'ogn, C. Mamadou, O. Somnognon, K. Fernand, K. Koffi-Gast, B. Camara, and D. Koné. 2017. Agronomic performance of plantain cultivars (*Musa* spp.) in efficient mixing situation for the control of black Sigatoka in Southern Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Plant Pathology* 11(1): 1-9. <https://doi.org/10.3923/ajppaj.2017.1.9>

- Shoresh M., G. E. Harman, F. Mastouri. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology* 48: 21-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450>
- Singh H. B., B. N. Singh, S. P. Singh, B. K. Sarma. 2012. Exploring different avenues of *Trichoderma* as a Potent bio-fungicidal and plant growth promoting candidate an Overview. *Rev . Plant Pathology Indian* 5: 315-426.
- Soares J. M. S., A. J. Rocha, F. S. Nascimento, A. S. Santos, R. N. G. Miller, C. F. Ferreira, B. O. V. Amorim, and E. P. Amorim. .2021. Genetic improvement for resistance to black Sigatoka in bananas: A systematic review. *Frontiers in Plant Science* 12(4): 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.657916>
- Sood M., D. Kapoor, V. Kumar, M. S. Sheteiwy, M. Ramakrishnan, M. Landi, A. Fabrizio, and S. Anket. 2020. *Trichoderma* : The « Secrets » of a multitalented. *Plants* 9(762). <https://doi.org/10.3390/plants9060762>
- Tafesse S., E. Damtew, B. van Mierlo, R. Lie, B. Lemaga, K. Sharma, C. Leeuwis, P.C. Struik. 2018. Farmers' knowledge and practices of potato disease management in Ethiopia. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 86(87): 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.03.004>
- Tenkouano A., N. Lamien, J. Agogbua, D. Amah, R. Swennen, S. Traoré, D. Thiemélé, N. Aby, K. Kobenan, G. Gnonhouiri, N. Yao, G. Astin, S. Sawadogo-Kabore, V. Tarpaga, W. Issa, B. Lokossou, A. Adjanohoun, G.L. Amadji, S. Adangnitodé, K. A. D. Igue, R. Ortiz. 2019. Promising high-yielding tetraploid plantain-bred hybrids in West-Africa. *International Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.1155/2019/3873198>
- Traoré S., K. Kobenan, K. S. Kouassi, G. Gnonhouiri. 2009. Systèmes de culture du bananier plantain et méthodes de lutte contre les parasites et ravageurs en milieu paysan en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 19: 1094–1101.
- Wang M., J. Ma, L. Fan, K. Fu, C. Yu, J. Gao, Y. Li, J. Chen. 2015. Biological control of southern corn leaf blight by *Trichoderma atroviride*. *Biocontrol Science and Technology*, 25(10): 1133-1146. <https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1036005>
- Yedidia I., N. Benhamou, I. Chet. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(3): 1061-1070. <https://doi.org/10.1128/aem.65.3.1061-1070.1999>
- Yonow T., T. Ramirez-Villegas, C. Abadie, R. E. Darnell, N. Ota, D. J. Kriticos. 2019. Black Sigatoka in bananas: Ecoclimatic suitability and disease pressure assessments. *PLoS ONE* 14(8): 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220601>