ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/355941082

Actualisation de la distribution géographique des cercosporioses des bananiers en Côte d'Ivoire : diversité et incidence de l'agent pathogène

Article *in* Journal of Applied Biosciences · October 2021

DOI: 10.35759/JABs.166.4

CITATIONS
0

READS
499

6 authors, including:

Tuo Seydou
University "Félix Houphouët-Boigny"
53 PUBLICATIONS **74** CITATIONS
SEE PROFILE

Brahima Camara
University "Félix Houphouët-Boigny"
73 PUBLICATIONS **163** CITATIONS
SEE PROFILE

M. F. Kassi
University "Félix Houphouët-Boigny"
54 PUBLICATIONS **78** CITATIONS
SEE PROFILE

Daouda Kone
West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WAS…
251 PUBLICATIONS **1,045** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Adaptcoop: Renforcement de la résilience des coopératives cacaoyères face aux changements climatiques en Côte d'Ivoire View project

Cocoa Agroforestry for improved livelihoods of smallholder farmers and resilient cocoa landscape in Côte d'Ivoire (Cocoa-AF) View project

All content following this page was uploaded by Tuo Seydou on 05 November 2021.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Journal of Applied Biosciences 166: 17188– 17211
ISSN 1997-5902

Actualisation de la distribution géographique des cercosporioses des bananiers en Côte d'Ivoire : diversité et incidence de l'agent pathogène

TUO Seydou[1], CAMARA Brahima[1], KASSI Koffi Fernand Jean-Martial[1], KAMATÉ Kaddy[1], OUÉDRAOGO Somgnogdin Léonard[3] et KONÉ Daouda[1, 2]

[1]Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, UPR de Physiologie et Pathologie Végétales, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD)

[3]Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 B.P. 910, Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Submitted on 13th July 2021. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st October 2021
https://doi.org/10.35759/JABs.166.4

RÉSUMÉ

Objectifs : Les cercosporioses noire et jaune causées respectivement par les champignons ascomycètes *Mycosphaerella fijiensis* et *Mycosphaerella musicola* sont les maladies foliaires les plus dévastatrices en culture du bananier. La cercosporioses noire ou maladie des raies noires (MRN) est considérée comme la plus contraignante et se traduit par des pertes de rendement allant de 30 à 80 %. La présente étude se propose d'actualiser la carte de distribution géographique des cercosporioses noire et jaune en Côte d'Ivoire par l'évaluation sanitaire des bananeraies dans les principales zones de production et de caractériser la variabilité des isolats de *Mycosphaerella* spp. isolés.

Méthodologie et résultats : Pour se faire, des prospections ont été effectuées pendant 3 années successives dans des zones préalablement sélectionnées de production de banane dessert ou de banane plantain sur la base de la diversité des conditions écologiques et la facilité d'accès. Les paramètres phytopathologiques observées pendant ces prospections ont été la plus jeune feuille touchée par la maladie (PJFT), la plus jeune feuille nécrosée (PJFN) et le nombre de feuilles vivantes (NFV) sur les bananiers. Les résultats ont montré que la cercosporiose noire est bien établie dans toutes les plantations prospectées soit 100 % et que la cercosporiose jaune est présente seulement dans 3 zones agro-écologiques (ZAE II, ZAE III et ZAE IV), soit 8,79 % des plantations prospectées. La sévérité des attaques dues à *Mycosphaerella* spp. a varié selon les cultivars de bananes et de bananes plantain rencontrés et également en fonction de l'agro-écologie des régions de production. Les pathogènes isolés et identifiés ont montré que les phénotypes diffèrent dans la quasi-totalité des sites visités. Les caractéristiques phénotypiques de l'aspect noir du revers des boîtes de Pétri et non jaune des cultures ont permis de suspecter *Mycosphaerella fijiensis*.

Conclusion et application des résultats : Cette étude a permis de faire ressortir dans toutes les zones agro-écologiques, le caractère épidémique de la cercosporiose noire dans les conditions

naturelles d'infestation de production. La cercosporiose jaune est présente uniquement dans les zones agro-écologiques II, III et V. Les résultats de cette étude ont montré une variabilité entre les isolats de *Mycosphaerella* spp. et aideront à envisager une méthode de lutte alternative à la lutte chimique contre la maladie des raies noires.
Mots clés : Bananier, Cercosporioses, *Mycosphaerella* spp., Zone agro-écologiques, Côte d'Ivoire

Update of the geographical distribution of Sigatoka of banana in Côte d'Ivoire: diversity and incidence of the pathogen

ABSTRACT
Objective: Black and Yellow Sigatoka caused by the ascomycete fungi *Mycosphaerella fijiensis* and *Mycosphaerella musicola*, respectively, are the most devastating foliar diseases of banana. The Black Sigatoka or Black leaf streak disease (BLSD) is considered the most damaging and results in yield losses ranging from 30 to 80%. The present study aims at updating the geographical distribution map of black and yellow Sigatoka in Côte d'Ivoire by assessing the sanitary status of banana plantations in the main production areas and characterizing the variability of isolated *Mycosphaerella* spp.
Methodology and results: To do so, surveys were carried out during 3 successive years in previously selected areas of dessert banana or plantain production based on the diversity of ecological conditions and ease of access. The phytopathological parameters observed during these surveys were the youngest leaf affected by the disease (YLA), the youngest necrotic leaf (YNL) and the number of living leaves (NLL) on banana plants. The results showed that black Sigatoka was well established in all the plantations surveyed, i.e. 100%, and that yellow Sigatoka was present only in 3 agro-ecological zones (ZAE II, ZAE III and ZAE IV), i.e. 8.79% of the plantations surveyed. The severity of attacks due to *Mycosphaerella* spp. varied according to the banana and plantain cultivars encountered and according to the agro-ecology of the production regions. The pathogens isolated and identified showed that the phenotypes differed in almost all the sites visited. The phenotypic characteristics of the black aspect of the reverse side of the Petri dishes and the non-yellow aspect of the crops allowed to suspect *Mycosphaerella fijiensis*.
Conclusion and application of results : This study allowed to highlight in all the agro-ecological zones, the epidemic character of the Black Sigatoka in the natural conditions of infestation of production. Yellow Sigatoka is present only in agro-ecological zones II, III and V. The results of this study showed variability among isolates of *Mycosphaerella* spp. and will help to consider an alternative control method to chemical control of Black leaf streak disease.
Keywords: Banana, Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., Agro-ecological zones, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Les bananiers (*Musa* spp.), sont cultivés dans plus de 120 pays de la zone intertropicale et constituent une base alimentaire majeure pour plus de 400 millions de personnes (Abadie *et al.*, 2005). Cette importante culture est cependant menacée par de nombreuses contraintes abiotiques et biotiques. Parmi ces contraintes biotiques, le principal problème rencontré par les bananiers, tant au niveau des petits producteurs que des plantations industrielles est les maladies foliaires dues aux cercosporioses noire et jaune (Sahlan & Soemargono, 2011). Les cercosporioses noire (Maladie des Raies Noires ou MRN) et jaune (Maladie de Sigatoka ou MS), causées respectivement par les champignons ascomycètes *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et *Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder

constituent les deux contraintes majeures qui menacent la production de bananes dessert et de bananes plantain à travers le monde (Stover & Simmonds, 1987 ; Carlier *et al.*, 1996 ; Zandjanakou-Tachin *et al.*, 2013). Ces pathogènes s'attaquent aux feuilles des bananiers en détériorant la surface foliaire, diminuant ainsi la capacité photosynthétique de celles-ci, ce qui affecte la croissance et le développement des plants (Mourichon *et al.*, 1997 ; Koné, 1998). En Côte d'Ivoire, la cercosporiose jaune a été découverte en 1959, tandis que la cercosporiose noire a été détectée pour la première fois dans la région du Sud-Comoé en 1985 (Mourichon et Fullerton, 1990 ; Koné, 1998) et est en passe aujourd'hui de devenir la menace la plus dévastatrice en culture de bananiers car elle est plus virulente et a une large gamme d'hôtes. Le vent et les pluies qui constituent les principales sources de dissémination de cette maladie, ont permis au pathogène de progressivement se répandre dans la plupart des zones de culture du bananier, donnant l'impression d'un déplacement de la Sigatoka jaune (Melioum-Perfora *et al.*, 1996a ; Traoré *et al.*, 2010). En effet, les deux formes des cercosporioses coexistent sur les feuilles des bananiers, mais leur répartition n'est pas stable (Aguirre *et al.*, 1998). Les cercosporioses noire et jaune peuvent se différencier aux premiers stades d'évolution par leurs symptômes typiques sur les feuilles des bananiers. Par contre, les symptômes de la maladie des raies noires sont parfois peu distinguables de ceux de la cercosporiose jaune aux stades de nécroses très avancées car parfois semblables (Mourichon *et al.*, 1997). La cercosporiose noire se manifeste par l'apparition de tirets marron-foncé de 1 à 2 mm de long à la face inférieure du limbe et qui s'élargissent ensuite pour former des lésions nécrotiques à halo jaune et centre gris-clair. Ces lésions peuvent devenir coalescentes et détruire des vastes portions de tissus foliaires, entraînant une réduction de la surface photosynthétique des feuilles (Figure 1), une baisse du rendement et une maturation prématurée des fruits (Mourichon *et al.*, 1997). Quant à la cercosporiose jaune, ses symptômes se caractérisent par l'apparition de tirets jaune pâle sur la face supérieure du limbe (Figure 2), qui évoluent en tirets marron (lésions de quelques mm), qui grandissent et forment des plages de dessèchement de la feuille (Mourichon *et al.*, 1997). Dans les cas les plus graves, les cercosporioses noire et jaune peuvent occasionner des pertes de rendement allant de 30 à 80 % et voire 100 % au second cycle si aucun traitement phytosanitaire n'est apporté (Churchill, 2011). Ces pertes de rendement pourraient avoir des conséquences économiques importantes si des mesures préventives ne sont pas adoptées par les planteurs. En Côte d'Ivoire, de très nombreuses études sont menées pour améliorer la productivité des bananiers par la lutte contre les cercosporioses (Koné, 1998 ; Traoré *et al.*, 2009 ; Kassi *et al.*, 2014 ; Tuo *et al.*, 2017 ; Essis *et al.*, 2020). Par contre, très peu d'études ont été réalisées pour donner des informations sur la distribution des cercosporioses à l'échelle nationale (Melioum-Perfora *et al.*, 1996a ; Traoré *et al.*, 2010). Face à cette situation, il est important de réaliser des études nécessaires afin de diagnostiquer les cercosporioses noires et jaune dans les différentes zones agro-écologiques de production de banane dessert et de banane plantain de la Côte d'Ivoire. Ces études permettront de prendre des mesures adéquates de prévention et de contrôle des cercoporioses des bananiers. La présente étude se propose d'actualiser la carte de distribution géographique des cercosporioses noire et jaune en Côte d'Ivoire par l'évaluation sanitaire des bananeraies dans les principales zones de production et de caractériser la variabilité des isolats de *Myscosphaerella* sp. isolés.

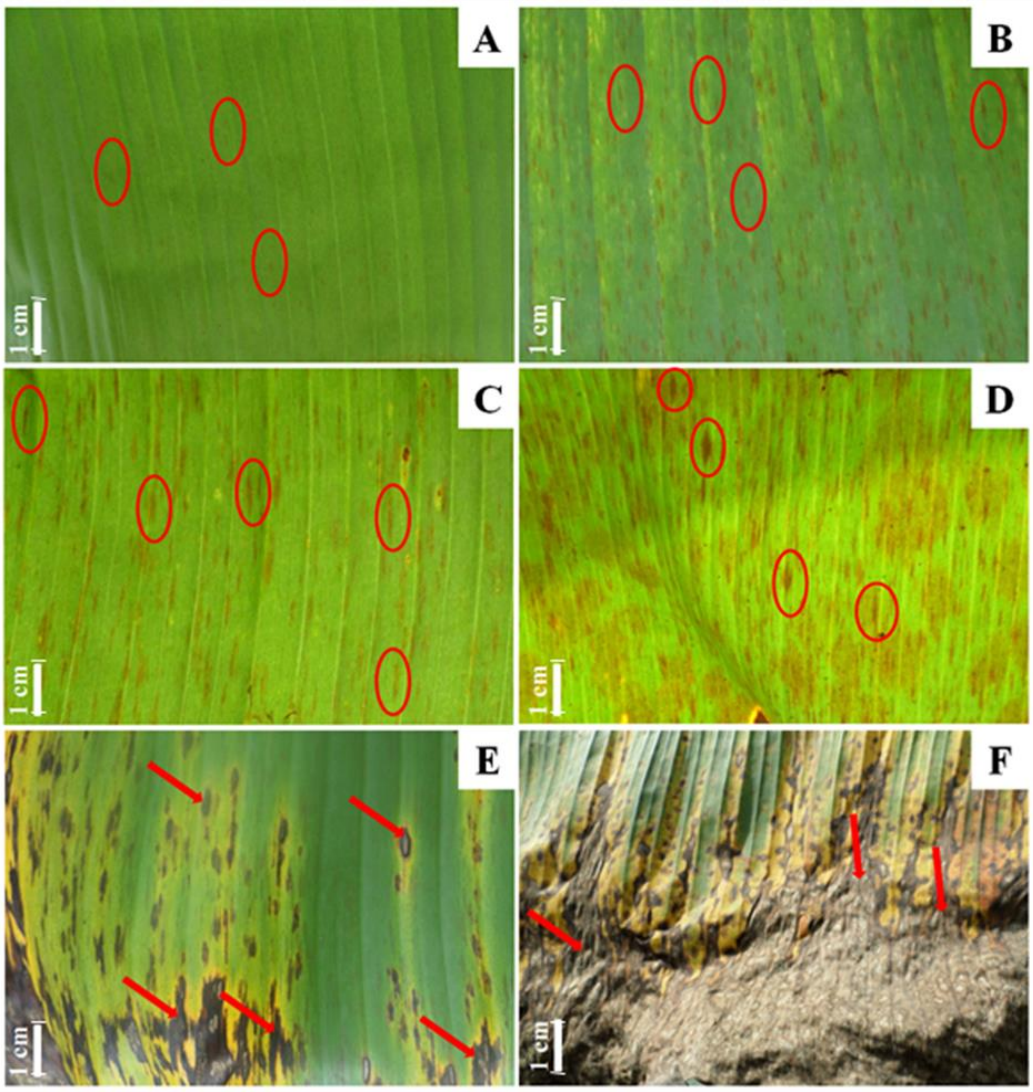

Figure 1 : Stades d'évolution de la cercosporiose noire due à *Mycosphaerella fijiensis* sur feuilles de bananiers plantain en champs d'après Fouré (1982)
Les cercles et les flèches en rouge indiquent les différents stades d'évolution de la cercosporiose noire.
A : **Stade 1 :** Caractérisé par une légère décoloration ou dépigmentation que l'on observe sur la face abaxiale de la feuille, sous la forme d'une petite strie de couleur brune dans la zone décolorée ;
B : Stade 2 : Petite strie de couleur brune visible sur les faces inférieure et supérieure de la feuille ;
C : Stade 3 : Augmentation du diamètre et de la longueur de la raie, toujours de couleur brune ;
D : Stade 4 : La raie vire du brun au noir et est alors considérée comme une tache ;
E : Stade 5 : La tâche noire est entourée d'un halo jaunâtre
et **F : Stade 6 :** La tâche s'affaisse au centre et passe du noir au gris clair, avec en son centre des points noirs qui correspondent aux fructifications du pathogène.

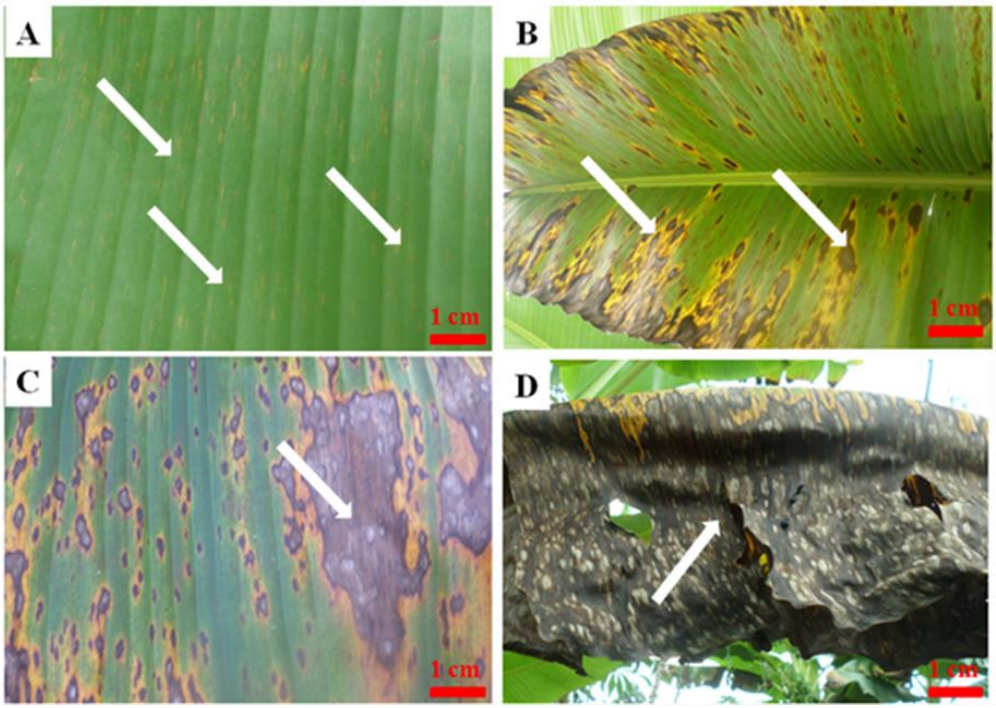

Figure 2 : Symptômes de la cercosporiose jaune due à *Mycosphaerella musicola* sur feuilles de bananiers (cv Figue Sucrée) en champs.
Les flèches blanches indiquent les symptômes. **A** : Premiers stades des symptômes, **B :** Stades avancés de la maladie ; **C :** Nécroses et **D :** Feuille presque nécrosée entièrement.

Distribution géographique des cercosporioses en Côte d'Ivoire

Zones d'étude et choix des sites d'observation : Ce travail d'enquête s'est déroulé pendant trois (3) années successives entre les mois de juillet, d'août et de septembre dans les zones de production de la banane et de la banane plantain en Côte d'Ivoire. Celles-ci ont été sélectionnées notamment pour leur production de banane ou de banane plantain, la diversité de leurs conditions écologiques (Tableau 1), et leur facilité d'accès. La subdivision en zones agro-écologiques de Halle et Bruzon (2006) a été utilisée pour la délimitation de l'aire prospectée (Figure 3). Les exploitations agricoles et les plants échantillonnés ont été sélectionnés de façon aléatoire en suivant les grands axes routiers en zone périurbaine, et les pistes en zone rurale qui traversent les différentes zones de production. À chaque fois que l'altitude variait de 20 m, une exploitation a été échantillonnée. Si dans la même région l'altitude ne variait pas considérablement, un intervalle de 50 Km entre les exploitations a été adopté. L'objectif principal était la couverture de l'ensemble de la zone de production bananière, pour une bonne représentativité géographique des isolats de *Mycosphaerella* spp. Les longitudes et latitudes ont été notées ainsi que l'altitude des différentes exploitations à l'aide d'un GPS de marque GARMIN (Oregon 550). Celui-ci a été étalonné à partir du niveau de la mer pris comme repère zéro de l'altitude.

Tableau 1 : Caractéristiques des zones agro-écologiques (Halle et Bruzon, 2006)

ZAE	Caractéristiques	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)	Température moyenne annuelle en °Celsius (SD)
I	Zone forestière dense humide du Sud	0-200	1400-2500	29 (5,6)
II	Zone forestière dense humide de l'Ouest	~1000	1300-1750	23,5 (13,4)
III	Zone semi-montagneuse forestière de l'Ouest	> 1000	1300-2300	24,5 (7,7)
IV	Zone de forêt dense humide semi-décidue	0-200	1300-1750	23,5 (1,4)
V	Zone forestière de transition	300-600	1300-1750	23,5 (13,4)
VI	Zone de savane tropicale humide	300-500	1150-1350	26,7 (1,1)
VII	Zone de savane tropicale sèche	300-500	1135-1350	26,7 (1,1)

Échantillonnage : Le nombre de bananiers choisis par groupe (AA : Cv "Figue Sucrée" ; AAA : Cv Grande Naine, Poyo ; AAB (plantain) : Cv "Orishele", "Corne", French) est de 5 plants par plantation visitée. Dans chaque plantation, les plants ont été choisis de façon aléatoire quelle que soit la superficie de la parcelle considérée. Les feuilles portant les symptômes atypiques de stade 2 ou 3 de la cercosporiose noire ou jaune ont été prélevées, conditionnées dans des sachets plastiques en polyéthylène et conservées dans une glacière réfrigérée pour les isolements au laboratoire.

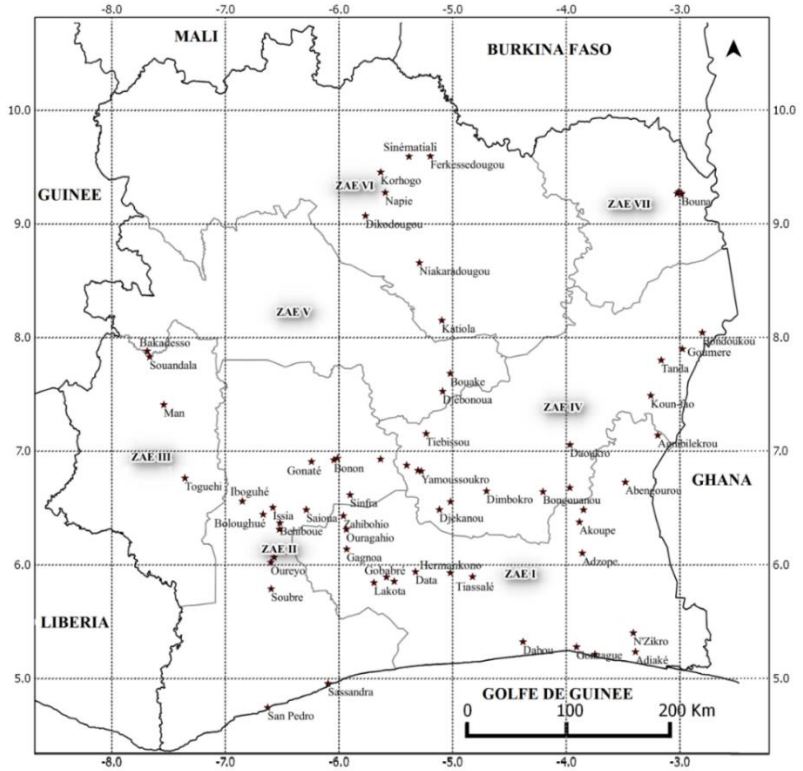

Figure 3 : Zones agro-écologiques (ZAE) de la Côte d'Ivoire (Halle et Bruzon, 2006)

Observations phytopathologiques : L'évaluation de l'état sanitaire des parcelles visitées a porté sur la notation des fiches d'observation de la cercosporiose noire prenant en compte différents paramètres. Ainsi, sur chaque bananier, les observations ont été effectuées sur des feuilles entièrement déroulées en considérant les stades de déploiement du cigare et les rangs de feuilles.

Plus jeune feuille touchée (PJFT) : La plus jeune feuille touchée se définit comme le rang de la plus jeune feuille portant les premiers symptômes de la cercosporiose avec au moins 10 tirets au stade 1 de son évolution (Fouré, 1983). Ce paramètre renseigne également sur l'aptitude des cultivars à présenter les premiers symptômes de la maladie suivant le stade de déploiement du cigare. Il permet d'estimer les délais d'incubation maximale pour les différents cultivars dans une même zone de production et aussi de comparer leur sensibilité vis-à-vis de la maladie. Les pourcentages obtenus peuvent permettre de comparer l'efficacité des produits suivant l'apparition des premiers symptômes de la maladie (Fouré, 1983).

Plus jeune feuille nécrosée (PJFN) : La plus jeune feuille se définit comme le rang de la plus jeune feuille présentant au moins 10 nécroses au stade 4 ou 5 de la cercosporiose jaune (Brun, 1963), 5 ou 6 de la cercosporiose noire (Stover et Dickson, 1970 ; Fouré, 1983). Ce paramètre renseigne sur :

- l'apparition des stades précédents, lorsque les phénomènes de coalescence des symptômes au stade 2 ou 3 ne sont pas observés,
- l'aptitude du bananier à favoriser chez le champignon la formation de fructifications sexuées qui constituent une source de ré-infestation (taches de coalescence ou isolées),
- l'importance des surfaces foliaires nécrosées.

Nombre de feuilles vivantes (NFV) : Les feuilles sont comptées de haut en bas comme précédemment indiqué. Seules sont prises en compte les feuilles capables d'effectuer des activités photosynthétiques.

Cartographie des zones prospectées : La carte de distribution des cercosporioses noire et jaune a été établie à l'aide du Logiciel Mapinfo professionnelle 7.5 en utilisant une carte de la Côte d'Ivoire à l'échelle de 1/1000000). La projection des données a été réalisée dans le système WGS 84, zone 29 hémisphère Nord. La carte géo-référencée a été ensuite transférée dans le logiciel Arcview Gis 3.2 où les zones de prospections ont été numérisées à partir des coordonnées des points prises à l'aide du GPS Garmin. Le logiciel Microsoft Office Access a permis de réaliser des tableaux de coordonnées des points enregistrés qui joint au logiciel Arcview Gis 3.2, a permis leur apparition sur la carte. Les colorations sur les cartes ont été adoptées, en respectant les différentes classes qui se sont présentées suite à l'analyse statistique.

Caractérisation morphologique des isolats de *Mycosphaerella* spp.

Isolement du champignon

Préparation des milieux de culture : Le milieu gélosé (H_2O-Agar) et le milieu Potato Dextrose Agar (PDA) sont les deux milieux de culture qui ont été utilisés pour l'isolement des champignons. Le milieu PDA a été préparé selon le protocole suivant : pour 1 litre de milieu de culture on additionne 20 g de flocons de pomme de terre, 20 g de D-glucose et 20 g d'Agar-Agar. La purée de pomme de terre est utilisée comme source d'éléments nutritifs ; le glucose constitue la source de carbone et l'agar a la propriété de solidifier le milieu de culture. Le volume du mélange est ajusté avec de l'eau distillée à 1 L puis stérilisé dans un autoclave à 120 °C sous une pression de 1 bar pendant 20 min. Le milieu est ensuite refroidi à la température de 45 °C puis amendé de 350 µl d'acide lactique, 250 mg/L d'ampicilline, 10 mg/L de rifampicine contre les bactéries. L'ensemble est homogénéisé sous agitation puis distribué sous la hotte à flux laminaire dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre

à raison de 20 ml par boîte. Quant au milieu gélosé, 20 g d'Agar-Agar ont été dissout dans un 1 L d'eau distillée et stérile dans les mêmes conditions comme précédemment. Ce milieu est ensuite refroidi à la température de 45 °C puis distribué comme précédemment.

Isolement à partir des conidies : À partir des échantillons de feuilles récoltées, les souches de *Mycosphaerella* spp. ont été isolées selon la méthode décrite par Koné (1998). Des feuilles présentant les lésions caractéristiques de cercosporioses ont été prélevées et découpées en fragments d'environ 1 cm^2. Des lésions au stade 2 ou 3 ont été repérées sur la face inférieure et légèrement grattées afin de détacher les conidies. Les fragments ont été appliqués au milieu de culture gélosé (Agar-Agar 20 g + H_2O) des boîtes de Pétri pour piéger les conidies. L'emplacement des fragments a été découpé et monté sur une lame porte objet. Les conidies ont été repérées puis prélevées soigneusement, une à une sous microscope optique (Grossissement x10) à l'aide d'une aiguille stérile. Elles ont été mises à germer sur milieu PDA additionné d'acide citrique (20 mg/l). Plusieurs conidies d'un même échantillon ont été mises dans une même boîte de Pétri et incubées à 25 ± 2 °C. La germination a lieu dans un délai de 4 à 14 jours. Chaque conidie germée représente un isolat et le phénotype des souches a été observé après 45 jours pour évaluer la correspondance avec celui de *M. fijiensis, M. musicola* ou *M. eumusae*. Les isolats ont été identifiés par une codification prenant en compte la localité (les 2 premières lettres), le type de bananier (« b » pour bananier de dessert et « p » pour bananier plantain) et un numéro de série. La zone de provenance, la couleur du tapis mycélien et la date d'isolement ont été notées. Les souches obtenues ont été repiquées en boîtes de Pétri et en tubes afin de conserver la collection établie.

Conservation des souches : Les souches obtenues ont été repiquées en tube d'Eppendorf sur gélose. Les cultures ont été maintenues pendant 10 j à 28 ± 2°C afin d'amorcer la croissance du mycélium, puis elles ont été conservées à 4 °C pour favoriser leur viabilité.

RÉSULTATS

Distribution, incidence et caractérisation des cercosporioses

Distribution des cercosporiose en Côte d'Ivoire : Les données sur la distribution des cercosporioses en Côte d'Ivoire ont été recueillies dans des plantations paysannes localisées dans six zones agro-écologiques (ZAE I, ZAE II, ZAE III, ZAE IV, ZAE V et ZAE VI). Au total vingt-quatre (24) régions sur les trente et un (31) que compte la Côte d'Ivoire ont été visitées et 182 plantations paysannes ont été prospectées dans les zones de production de bananes et du plantain. Dans toutes ces zones de production, les symptômes caractéristiques de la cercosporiose ont été observés. Les différents symptômes rencontrés sont ceux de la cercosporiose noire ou maladie des raies noires (MRN) due à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et de la cercosporiose jaune ou la maladie de Sigatoka (MS) causée par *Mycosphaerella musicola* Leach.

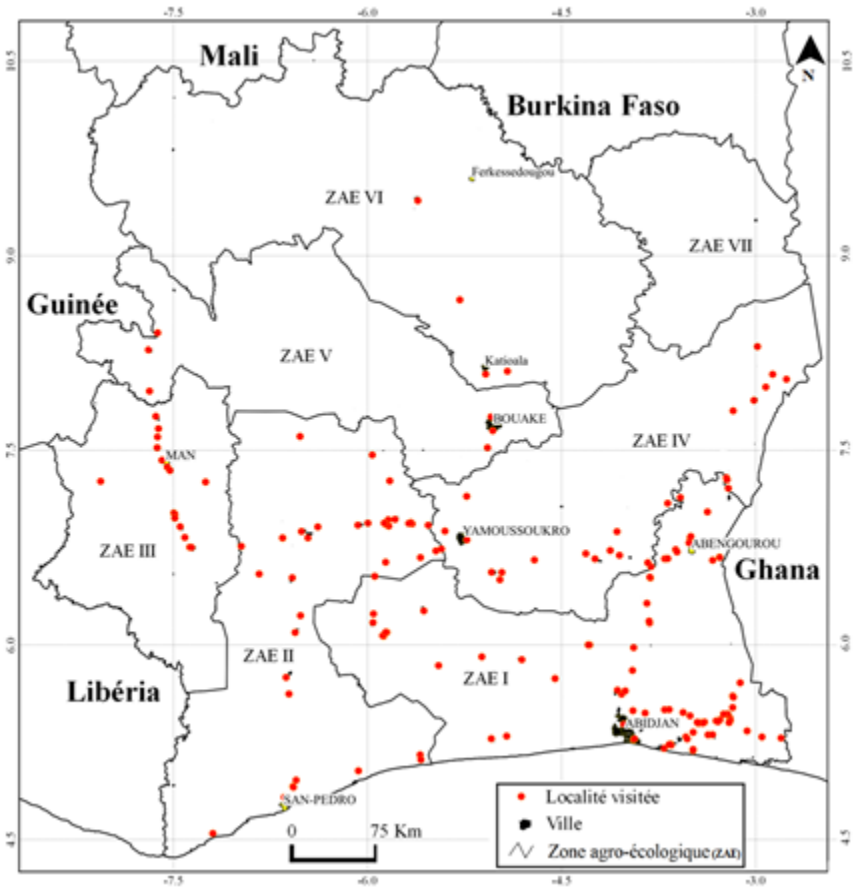

Figure 4 : Distribution de la cercosporiose noire dans les zones de production de la banane et du plantain

Figure 5 : Distribution de la cercosporiose jaune en Côte d'Ivoire

La cercosporiose noire ou maladie des raies noires a été bien établie dans toutes les plantations prospectées (Figure 4), soit 100 % et les symptômes de la cercosporiose jaune observés seulement dans trois (3) zones agro-écologiques (ZAE II, ZAE III et ZAE IV) et absente dans les autres zones agro-écologiques (Figure 5). En somme, la cercosporiose jaune sévit dans 16 des 182 plantations prospectées, soit 8,79 %. La maladie des raies noires a été observée aussi bien sur les variétés de type plantain que de type dessert quelle que soit l'altitude et la zone agro-écologique. Quant aux attaques dues à *Mycosphaerella musicola*, elles ont été observées le plus souvent sur les cultivars de types dessert (Figue Sucrée) et rarement sur le plantain. Dans la plupart des localités visitées les agriculteurs ont de plus en plus des variétés locales qui sont très sensibles à l'infection de la cercosporiose.

Incidence et la sévérité de la cercosporiose noire sur la culture des bananiers et des bananiers plantain en Côte d'Ivoire : L'incidence et la sévérité des attaques des cercosporioses ont été évaluées à partir des données de la PJFT, la PJFN, le NFV et l'indice de sévérité (IS) de la maladie avant l'entrée en floraison des plants dans les différentes zones de production. L'analyse statistique a montré une différence significative dans l'incidence de celle-ci dans les différentes ZAE. En comparant les zones agro-écologiques entre elles, il s'avère que les ZAE II et ZAE III se placent en première position au niveau des attaques, suivies respectivement des ZAE IV et ZAE V. Ainsi, le rang moyen de la plus jeune feuille touchée (PJFT) a varié entre 1 et 4 pour une moyenne générale de 1,66. Les très faibles rangs de PJFT ont été rencontrés dans les zones agro-

écologiques ZAE II, ZAE III, ZAE IV et ZAE V. Les plantations de ces zones agro-écologiques ont connu les cas d'attaques les plus précoces (rang 1,00). Quant à la zone agro-écologique ZAE I, elle a connu les rangs de PJFT élevés contrairement à la zone agro-écologique ZAE VI dont les rangs de PJFT sont intermédiaires (Figure 6). Les nécroses de la maladie de raies noires (MRN) ont été observées sur des feuilles (PJFN) dont les rangs moyens oscillaient entre 3 et 6 dont la moyenne générale a été de 4,39. Les plus jeunes feuilles nécrosées (PJFN) précoces dont le rang moyen était compris entre 3,5 et 4,5 ont été rencontrées dans les zones agro-écologiques ZAE I, ZAE III, ZAE IV et ZAE V. Les rangs de PJFN tardifs dont le rang moyen variait entre 4,5 et 5,5 ont été relevés dans les zones agro-écologiques ZAE III et ZAE VI (Figure 7). Le nombre de feuilles vivantes (NFV) a été généralement faible (inférieur à 8) dans les différentes zones prospectées. Cependant, ce nombre a varié de 6 à 10 d'une plantation à l'autre, d'une localité à l'autre et d'une ZAE à l'autre. Les zones agro-écologiques ZAE II et ZAE V ont eu le nombre de feuilles vivantes le plus faible et la zone agro-écologique ZAE VI le nombre le plus élevé (Figure 8). Au cours des différentes prospections dans les six zones agro-écologiques visitées, l'indice de sévérité qui mesure à un moment donné le taux de surface foliaire détruite par la maladie sur un bananier a varié entre 14 et 45 %. L'analyse statistique a montré une différence significative dans la sévérité de la maladie dans les différentes ZAE ($p = 0,0018$). Ainsi trois groupes homogènes ont été révélés. Le premier groupe est constitué des ZAE I et III avec des indices moyens de sévérité respectif de 44,57 et 41,78 %. Le deuxième groupe est constitué des ZAE II (26,63 %) et V (24,50 %). Le dernier groupe est constitué de la ZAE VI avec 13,66 % de taux d'attaque. Quant à la ZAE IV, son taux de sévérité (30,20 %) constitue un groupe intermédiaire entre le deuxième groupe et le troisième (Figure 9). Les attaques du champignon sont plus prononcées dans les ZAE I et III. Les zones agro-écologiques (ZAE II et V) sont moyennement attaquées par rapport aux ZAE I et III.

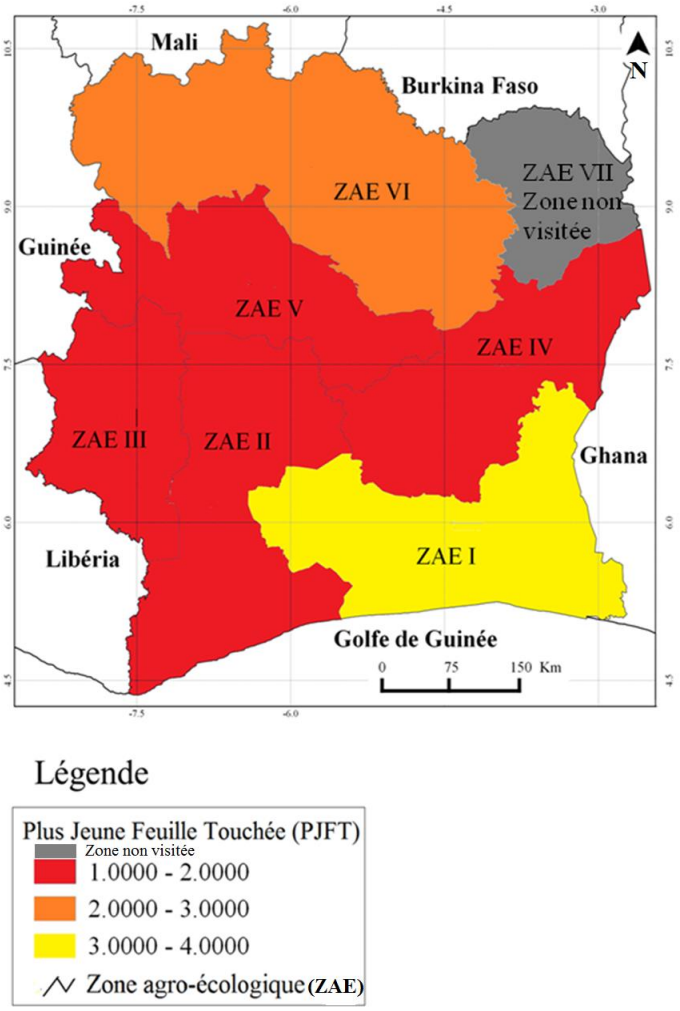

Figure 6 : Répartition du rang de la plus jeune feuille touchée (PJFT) par la cercosproriose noire des bananiers et des bananiers plantain en fonction des zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire

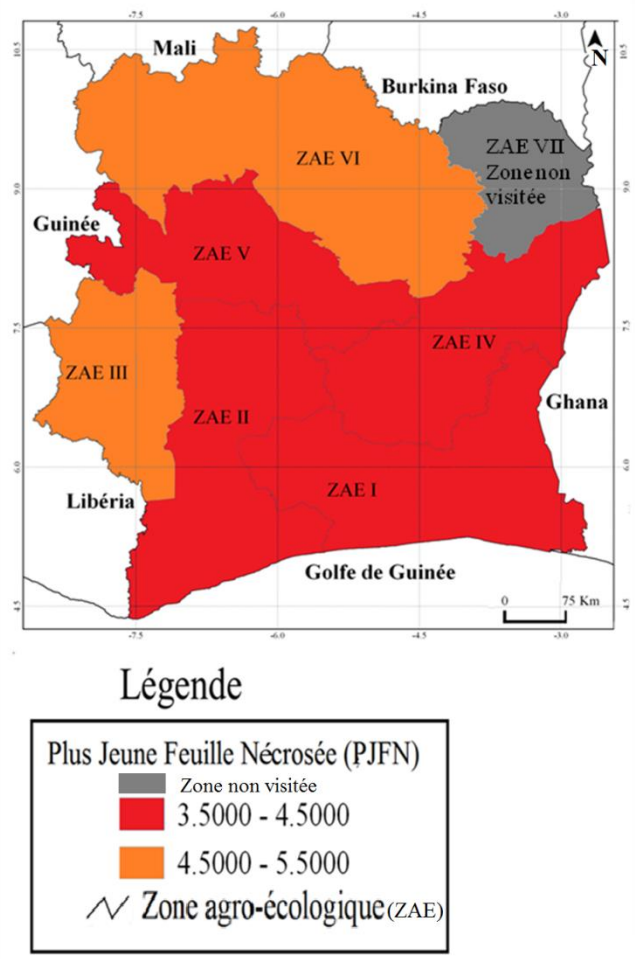

Figure 7 : Répartition du rang de la plus jeune feuille nécrosée (PJFN) par la cercosporiose noire des bananiers et des bananiers plantain en fonction des zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire

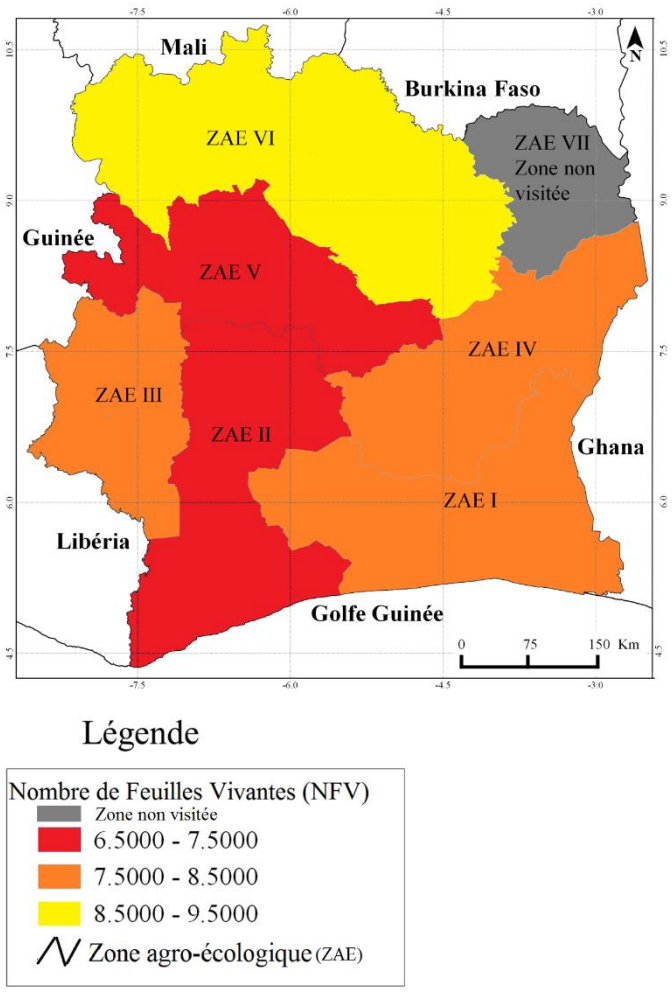

Figure 8 : Répartition du nombre de feuilles vivantes (NFV) sur les bananiers et les bananiers plantain en fonction des zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire

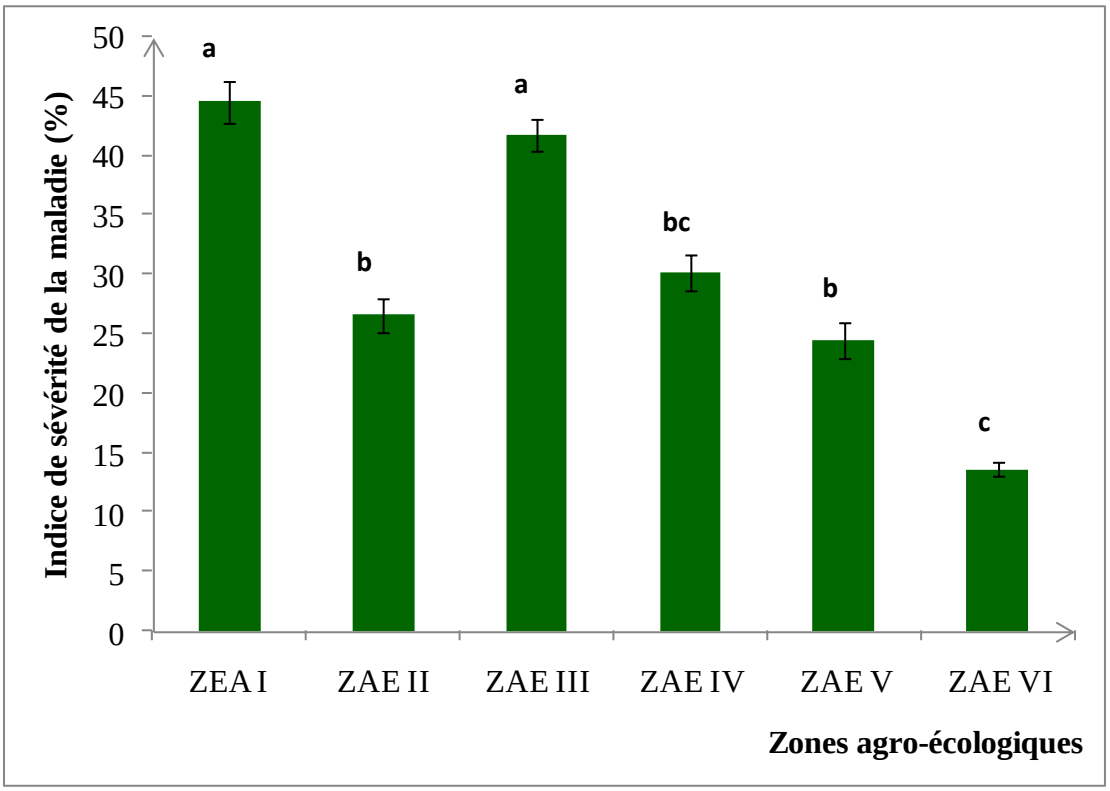

Figure 9 : Sévérité de la cercosporiose noire dans les différentes zones agro-écologiques

Caractéristiques morphologiques des isolats de *Mycosphaerella* spp. : Les pathogènes isolés ont été identifiés morphologiquement sur milieu PDA. Les caractéristiques phénotypiques des 59 isolats de *Mycosphaerella* spp. isolés sur les feuilles de bananiers et bananiers plantain provenant de différentes localités de la Côte d'Ivoire (Tableau 2) prennent en compte la coloration, la forme et l'aspect des mycéliums (Figure 10). La majorité des isolats a été obtenue à partir de conidies. Les colorations des mycéliums de *Mycosphaerella* spp. en croissance sur milieu PDA sont variables pour les différents isolats étudiés. Sur la face supérieure des cultures en croissance sur PDA, la couleur varie du blanc-cotonneux, blanc-verdâtre, blanc-rosâtre, gris pâle, gris-rose, brun-olive, verdâtre, grisâtre à noire avec une surface de velours. Sur la face inférieure, c'est la couleur noire, typique des souches de *M. fijiensis*, qui prédomine. La forme est soit régulière, soit irrégulière avec un aspect plat, ou légèrement à très bombé (Figure 10). Les phénotypes différents ont été rencontrés dans la quasi-totalité des sites visités. Une prédominance des souches à contour régulier et bombée est observée (Figure 10). Le champignon a eu une croissance très lente et le mycélium s'est développé sous forme de bourrelets contrairement à la majorité des champignons qui ont une croissance radiale.

Tableau 2 : Origine des isolats de *Mycosphaerella* spp. obtenus sur des cultivars de bananiers et bananiers plantain dans les zones de production

Codes isolats	Nombre	Origine	Type de cultivar	Lieu de prélèvement	Année	Coloration du thalle
BGOP1-3	3	Bongo/Bonoua	Plantain	Parcelle paysanne	2013	Blanche, Grise, Noire
AZEP4-10	7	Azaguié	Plantain	Parcelle paysanne	2013	Verdâtre, Noire, Grise, Blanche
NKOP11-14	4	N'Zikro/Aboisso	Plantain	Parcelle paysanne	2013	Grise, Verdâtre, Noire
ABUP15-16	2	Abengourou	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Noire, Blanc-grisâtre
AFEP17-21	5	Afouavame/Bondougou	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Grisâtre, Blanche, Noire
TKEP22-23	2	Tankéssé/Bondougou	Plantain	Parcelle Paysanne	2014	Blanche
APUP24	1	Appropronou/Agnibilékro	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blanc-olive, Blanche, Banc-grisâtre
AGUP25	1	Agbossou/Bongouanou	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blanche
DBOP26	1	Dimbokro	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Grise
ASAP27-28	2	Asecna/Abidjan	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Noire, Grise
ABOP29-31	3	Aboisso	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Noire, Grise, Blanche
SMOP32	1	Samo/Bonoua	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blanc-olive
TMAP33	1	Toumbokaha/Katiola	Plantain	Parcelle expérimentale	2014	Grise
KGOD34	1	Korhogo	Dessert	Jardin maraicher	2014	Noire
KDUP35-36	2	Koudougou/Bouaflé	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blanc-olive, Grise
GROP37	1	Garango/Bouaflé	Plantain	Parcelle expérimentale	2014	Noire
GBAP38-41	4	Gobazra/Bouaflé	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blanche, Blanc-grisâtre, Grise
ZHUP42-46	5	Zoukougbeu/Daloa	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Noir-grisâtre, Blanc-grisâtre, Blanc-olive
BUID47-49	3	Baoubli/Duékoué	Dessert	Parcelle paysanne	2014	Noire, Grise, Blanche
ASEP50-54	5	Assé/Bonoua	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Verdâtre, Blanche, Grise, Noire
KDIP55-56	2	Koukourandoumi/Bonoua	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Grise, Noire
ZTAP57	1	Zatta/Yamoussoukro	Plantain	Parcelle Paysanne	2014	Noir-verdâtre
GSOP58	1	Guéssabo	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Blan-olive
APEP59-62	4	Alépé	Plantain	Parcelle paysanne	2014	Noire, Grise, Blanc-olive
BROD63-64	2	Broukro/Tiassalé	Dessert	Plantation industrielle	2015	Grise, Noire
BCED65-67	3	Banacomoé/Abengourou	Dessert	Plantation industrielle	2015	Noire, Blanc-grisâtre
GNYD68-69	2	Grand Niéky/Dabou	Dessert	Plantation industrielle	2015	Noire, Grise
AZEP70-75	6	Azaguié	Plantain	Parcelle expérimentale	2015	Blanche, Grise, gris-verdâtre, Noire

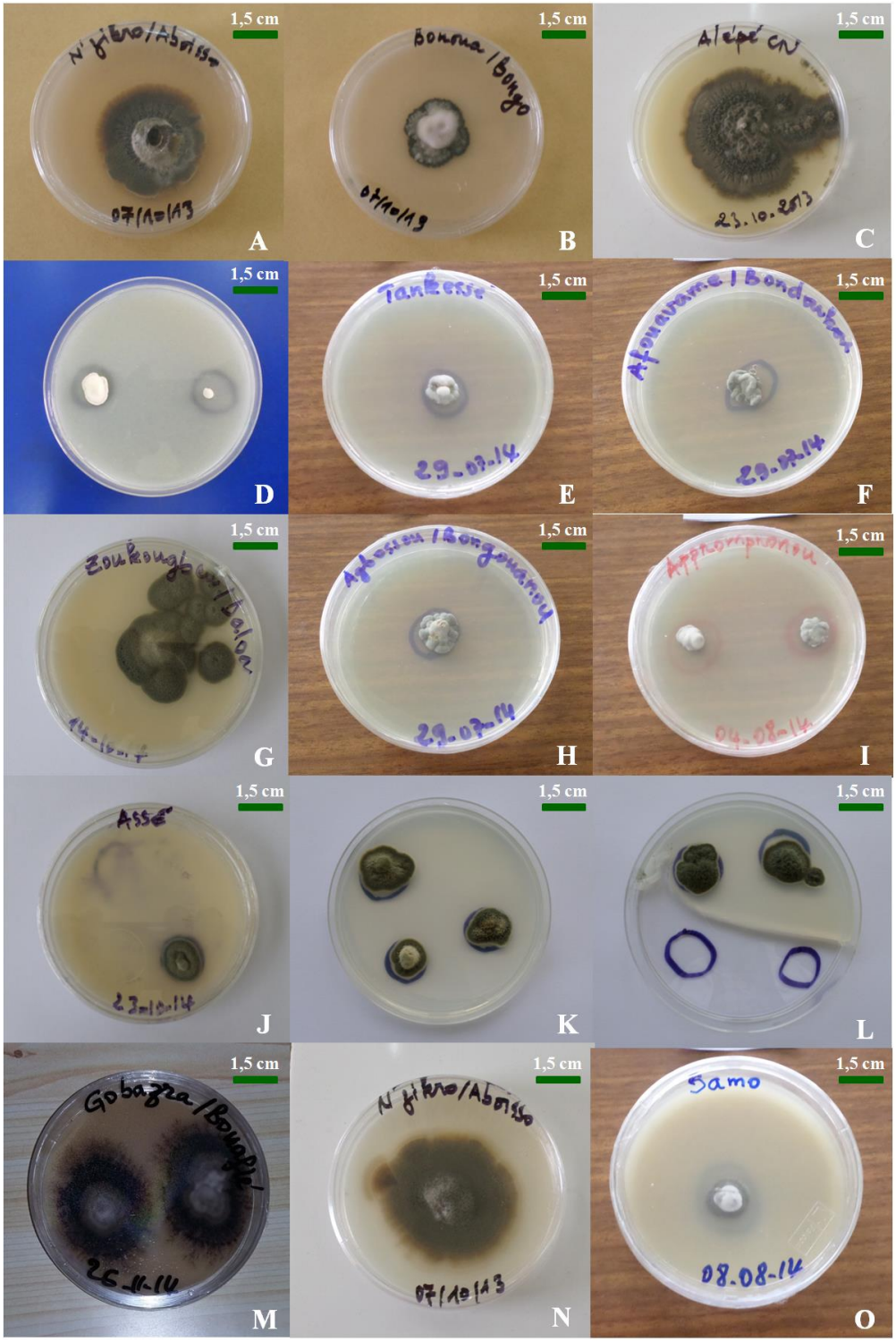

Figure 10 : Phénotypes des mycéliums de *Mycosphaerella* spp. d'origine conidienne (après 45 à 65 jours de culture sur milieu PDA à la température de 25 °C).

DISCUSSION

L'étude sur la distribution, l'incidence et la diversité des cercosporioses sur la culture de la banane et la banane plantain examine et augmente les connaissances sur les populations de *Myscophaerella* spp. présentes en Côte d'Ivoire. Lors de nos différentes prospections, six (6) des sept (7) zones agro-écologiques ont pu être visitées. Les maladies des taches foliaires ont été observées. Cependant, de toutes ces maladies foliaires, deux seulement ont été retenues pour cette étude compte tenu de leur gravité sur la production de la banane et de la banane plantain (Koné, 1998 ; Koné, 2008 ; Traoré, 2008 ; Camara, 2011). Ainsi, cette étude montre que, les différents symptômes rencontrés lors des prospections sont caractéristiques de la cercosporiose noire ou maladie des raies noires (MRN) causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et de la cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka (MS) causée par *Mycosphaerella musicola* Leach (Fouré, 1982 ; Koné, 1998). La maladie des raies noires a été détectée en Côte d'Ivoire en 1985 dans la région d'Aboisso, à l'Est du pays (Mourichon et Fullerton, 1990). En 1994, soit neuf ans après, le front d'évolution de la maladie des raies noires se situait entre Yamoussoukro et Bouaflé d'une part, et entre Divo, Lakota et Gagnoa d'autre part (Mouliom-Pefoura *et al*., 1996b ; Koné, 1998). Quant à la maladie de la cercosporiose jaune, elle a été signalée depuis 1959 en Côte d'Ivoire (Jones, 2000). Ces deux maladies se manifestent par des symptômes typiques en fonction des cultivars, des souches du parasite en présence et des conditions environnementales. En effet, il y avait une variation de la gravité de la maladie dans les différentes zones de production de la banane et de la banane plantain au cours des trois années de prospection. Les symptômes de la MRN ont été très visibles sur les bananiers à travers toutes les différentes zones de culture visitées. Par contre, la cercosporiose jaune n'a été observée que dans trois des zones agro-écologiques (ZAE II, ZAE III et ZAE IV). En Côte d'Ivoire, comme ailleurs, *Mycosphaerella musicola* a provoqué dans les zones d'altitude élevée (900 à 1000 m). Des attaques sur les bananiers plantain qui lui sont habituellement résistants en régions de basses altitudes (Mouliom-Pefoura *et al.*, 1996b ; Koné, 1998). L'apparition et le développement de la maladie dépendent des conditions environnementales, de l'hôte et de l'intensité de l'infection (Meredith, 1970). La maladie provoque aussi le mûrissage prématuré des fruits en modifiant leur physiologie (Meredith, 1970). En outre, les niveaux d'infestation des bananiers par la cercosporiose noire sont très élevés dans toutes les zones de culture des bananiers plantain. Nos travaux corroborent ceux de Traoré, (2008) et de Camara (2011), qui ont identifié cette maladie dans toutes les zones prospectées en Côte d'Ivoire. Les résultats de leurs travaux indiquent que la maladie des raies noires a été observée aussi bien sur les variétés de type plantain que de type dessert quelle que soit l'altitude et qu'elle serait plus sévère dans la zone Centre-Ouest. En effet, cette zone, grande productrice de bananes plantain, a une hygrométrie élevée de l'air constituant ainsi un élément favorable au développement de la maladie des raies noires. Krupinsky *et al*. (2002) soutiennent que la présence ou la sévérité d'une maladie est déterminée par l'interaction dynamique d'une plante susceptible, d'un agent pathogène spécifique et de conditions environnementales favorables. Cette interaction est connue sous le nom du triangle de la maladie des plantes qui convient aux différentes zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire. Les deux (2) maladies cohabitent sur les bananiers avec une dominance de la maladie des raies noires. Pour une variété sensible aux deux affections les symptômes de la MRN sont très visibles car elle a un développement plus rapide. C'est pourquoi la cercosporiose jaune a été identifiée sur le cultivar Figue Sucrée qui est résistant à

la MRN (Fouré, 1982). En effet, la MRN semble avoir une expansion très rapide, du fait des conditions climatiques favorables à son développement toute l'année et singulièrement à cause du vent qui est le principal moyen de dissémination des propagules du champignon responsable de la cercosporiose noire (Koné, 2008). L'humidité étant le facteur essentiel à la prolifération fongique, la teneur en eau de l'air participe à l'humidité des feuilles de bananiers. Les différentes zones agro-écologiques visitées, en fonction de leurs caractéristiques environnementales ont été attaquées à différents degrés par la cercosporiose noire. L'indice de sévérité de la maladie a varié d'une zone agro-écologique à une autre et d'une parcelle à une autre. L'indice de sévérité de la maladie a varié de 14 à 45 % dans toutes les zones de productions visitées. Les attaques du champignon ont été plus prononcées dans les zones agro-écologiques I et III. Quant à la zone agro-écologique VI, elle a été la moins touchée. La zone agro-écologique I est une zone forestière et la zone agro-écologique III, une zone montagneuse. La forte humidité relative de ces zones respectives pourrait être le facteur favorisant la sévérité de la maladie. En effet, dans ces deux zones (ZAE I et ZAE III), la pluviométrie est importante (1300-2500 mm), avec une température moyenne annuelle oscillant entre 24,5 et 29 °C (Halle et Bruzon, 2006). Romero et Sutton (1997), indiquent que la température la plus convenable pour la période d'incubation et de sévérité de la maladie était de 26 °C. La variation dans l'incidence des cercosporioses constatée pourrait s'expliquer par la diversité des cultivars de bananiers et bananiers plantain rencontrés et leur susceptibilité vis-à-vis de ces bio-agresseurs. Plusieurs cultivars de bananiers et bananiers plantain ont été rencontrés dans les différentes zones de production sous la pression des cercosporioses. Ces cultivars ont des niveaux de sensibilité variable vis-à-vis des cercosporioses en fonctions des pathogènes en présence. D'autres sont plus sensibles et certains plus tolérants. Ce qui pourrait provoquer la variation de l'incidence de la maladie d'un cultivar à un autre. La variation de l'incidence pourrait être attribuée aussi à l'existence de différentes souches du parasite ayant des niveaux d'agressivité variable. Le comportement d'une même variété qui diffère vis-à-vis d'une souche de parasite à une autre pourrait également expliquer la variation de l'incidence constatée. Le contrôle de la maladie s'impose donc dans les conditions de culture intensive pour garantir une exploitation économique. Cependant, on constate dans ce cas un usage abusif et exclusif des fongicides de synthèse, pulvérisés, régulièrement, à un rythme variant avec le type de fongicide et les conditions de son application (Essis *et al.,* 2016). Les variétés de bananiers résistantes aux pathogènes (Hybrides issus de l'amélioration génétique) produisent généralement des fruits dont les qualités organoleptiques ne répondent pas aux exigences des consommateurs. Par conséquent, les producteurs sont contraints à la gestion raisonnée de cette maladie en réalisant le meilleur équilibre entre le niveau des attaques, les exigences climatiques qui influencent la pression d'inoculum et les applications répétées de fongicides de synthèse de même famille sur les plantations (Essis *et al.,* 2016). L'application répétées des fongicides de synthèse occasionne des foyers de persistance des maladies pouvant être en rapport avec l'apparition de souches résistantes (Essis *et al.,* 2010 ; De Lapeyre de Bellaire *et al.,* 2010). La lutte chimique est coûteuse et peu respectueuse des conditions environnementales ; elle se présente donc comme une méthode de lutte pouvant être dangereuse, tant pour les producteurs que pour les consommateurs. Face à ces problèmes, d'autres méthodes de lutte plus respectueuse de l'environnement doivent être envisagées. Au cours de nos manipulations de laboratoire sur les échantillons de feuilles présentant les

symptômes typiques des cercosporioses, les isolements ont été plus faciles à partir des conidies qu'à partir des ascospores. Cela s'explique non seulement par leur présence quasi permanente sur les feuilles de bananiers au cours de l'année, mais aussi par leur taille beaucoup plus grande qui rend le prélèvement plus facile sous microscope (Koné, 1998 ; Traoré, 2008). Dans l'étalement, les conidies moins nombreuses, offrent une grande chance d'isolements monospores. À partir des conidies, il est possible d'identifier le type de cercosporiose. Les études de sensibilité de *Mycosphaerella* spp. aux fongicides s'appuient de plus en plus sur les conidies que les ascospores (Van Den Berg-Loridat, 1989 ; Kobenan *et al*., 2006 ; Essis *et al.,* 2010), à cause des difficultés liées à la production des ascospores. Les caractéristiques phénotypiques des souches isolées et notamment, leur aspect et les colorations des mycéliums en croissance sur milieu PDA, ont permis de mettre en évidence une grande diversité au niveau des souches de *Mycosphaerella* spp. obtenues. La coloration noire sur la face inférieure des cultures en croissance est typique de *M. fijiensis*. La lenteur de la croissance mycélienne et la morphologie des conidies observées correspondaient aux descriptifs de l'espèce (Ploetz *et al.,* 2003). Cette diversité observée entre les souches de *M. fijiensis* pourrait être la conséquence d'une variabilité génotypique existante au sein des populations de ce champignon. Des travaux récents effectués sur ce pathogène en Côte d'Ivoire, en RDC et au Nigéria ont montré une grande variabilité spatiale, temporelle (Traoré, 2009 ; Onautshu, 2013) et génétique (Zandjanakou-Tachin, 2009 ; Camara, 2011). En effet, plusieurs génotypes ont été retrouvés dans une même lésion. Cette grande variabilité pourrait être due en partie à l'existence d'une forme asexuée (Anamorphe) du champignon nommée *Paracercospora fijiensis* (Ascomycète). Cela laisse suggérer des possibilités de recombinaison à l'origine de brassages génétiques importants. En effet, selon Carlier (2010), le système de reproduction peut avoir un impact important sur les possibilités d'adaptation des champignons avec l'existence ou non de recombinaisons génétiques. Chez les espèces *M. fijiensis* et *M. musicola* les reproductions asexuée et sexuée sont toujours simultanément présentes dans la nature (Jones, 2000). De plus ces deux espèces sont hétérothalliques, c'est-à-dire que la reproduction sexuée se fait uniquement entre des individus de signes sexuels complémentaires (Carlier, 2010). Lepoivre (2003) indique que la sexualité est une cause majeure d'une variabilité génétique au sein d'une population fongique. Les caractéristiques phénotypiques à savoir l'aspect noir du revers des boîtes de Pétri et non jaune des cultures, ont permis de suspecter la prédominance de *M. fijiensis*.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Cette étude a permis d'actualiser la distribution géographique des cercosporioses noire (maladie des raies noires) et jaune (maladie de Sigakota) des bananiers dessert et des bananiers plantain dans les zones de production en Côte d'Ivoire. Elle fait ressortir, le caractère épidémique de la cercosporiose noire dans les conditions naturelles d'infestation dans les zones de production. La cercosporiose noire est présente dans toutes les zones agro-écologiques visitées, tandis que la cercosporiose jaune a été observée seulement que dans les zones agro-écologiques II, III et V. Aussi, il existe une diversité entre les isolats de *Mycosphaerella* sp. en Côte d'Ivoire. Les résultats de cette étude aideront à envisager une méthode de lutte alternative à la lutte chimique contre la maladie des raies noires.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont au Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) qui a fiancé cette étude Nos remerciements vont également aux producteurs de banane dessert et de banane plantain qui nous ont permis d'accéder à leurs plantations sans aucune entrave.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abadie C., Pignolet L., Elhadrami A., Habas R., Zapater M.-F. & Carlier J., 2005. Inoculation avec *Mycosphaerella* sp., agent de cercosporioses, de fragments de feuilles de bananiers maintenus en survie. Numéro spécial du Cahier des Techniques, 131-134.

Aguirre M.C., Castaño-Zapata J., & Zuluaga L.E., 1998. Método rápido de diagnóstico de *Mycosphaerella musicola* Leach y *M. fijiensis* Morelet, agentes causales de la Sigatoka amarilla y Sigatoka negra. *Agronomía* 8 (2) : 26-30.

Brun J., 1963. La Cercosporiose du Bananier en Guinée. Etude de la phase asccosporée de *Mycosphaerella musicola* LEACH. *Thèse de doctorat ès Sciences, Fac. des Sciences, Université de Paris XI, Orsay*, Paris, France, 196 p.

Camara B., 2011. Caractérisation des parasites fongiques foliaires et telluriques en Côte d'Ivoire chez les bananiers (*Musa* sp.) et recherche de méthodes de lutte. Thèse de Doctorat Unique. Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan. 219 p.

Carlier J., 2010. Génétique des populations et adaptation de champignons parasites de plantes. Habilitation à Diriger des Recherches. Université Montpellier II, Sciences et techniques du Languedoc, Académie de Montpellier, 35 p.

Carlier J., Lebrun M.H., Zapater M.F., Dubois C. & Mourichon X., 1996. Genetic structure of the global population of banana black leaf streak fungus *Mycosphaerella fijiensis*. *Molecular Ecology* 5, 499–510.

Churchill A.C., 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 : 307-328.

De Lapeyre de Bellaire L., Fouré E., Abadie C. & Carlier J., 2010. Black Leaf Streak Disease is challenging the banana industry. *Fruits*, 65: 327-342.

Essis B., Kobenan K., Traoré S., Koné D. & Yatty J., 2010. Sensibilité au laboratoire de *Mycosphaerella fijiensis* responsable de la cercosporiose noire des bananiers vis-à-vis de fongicides couramment utilisés dans les bananeraies ivoiriennes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 7 (2) : 822-833.

Essis B., Kobenan K., Traoré S., Yatty J., Koné D., Aby N. & Thiémélé D.E.F., 2016. Pression d'inoculum de la maladie des raies noires (MRN) causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, dans les plantations industrielles de bananiers, en Côte d'ivoire. *European Scientific Journal*, 12 (3) : 37-52.

Essis B. S., Dibi K. E.B., Traoré S., Kouakou A. M., N'zué B., Kobenan K., Koné D., 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.

Fouré E., 1982. Etude de la sensibilité des bananiers et plantains à

Mycosphaerella fijiensis Morelet au Gabon. I- incubation et évolution de la maladie. *Fruits*, 37: 749-771.

Fouré E., 1983. Les cercosporioses des bananiers et leurs traitements. Sélection de molécules fongicides nouvelles. Activités comparées de différentes molécules fongicides sur *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, agent de la maladie des raies noires des bananiers et plantains du Gabon. *Fruits*, 38 (1) : 21-34.

Fouré E., Ghisoni M. & Zurfluh R., 1994. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements : Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et de quelques caractéristiques biologiques de la maladie des raies noires au Gabon. *Fruits*, 39 (6) : 365-378.

Halle B. & Bruzon V., 2006. Profil Environnemental de la Côte d'Ivoire. Rapport final. Consortium AFC, AGRIFOR Consult: 133 p.

Jones D.R., 2000. Diseases of Banana, Abaca and Enset. *CAB International, Wallingford, UK*, 544 p.

Kassi F.M., Badou O.J., Tonzibo Z.F., Salah Z., Amari L.-N.D.G.E. & Koné D., 2014. Action du fongicide naturel NECO contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) chez le bananier plantain (AAB) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 75: 6183-6191.

Kobenan K., Traore S. & Essis B., 2006. Niveaux de sensibilité de *Mycosphaerella* spp (agents des cercosporioses) aux fongicides courants dans les plantations industrielles de bananiers en Côte d'Ivoire au 06 septembre 2006. Deuxième rapport d'étape Convention FIRCA/CNRA. Octobre 2006 ; 31 p.

Koné D., 1998. Contribution à l'étude des cercosporioses et des cladosporioses des bananiers en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat 3è cycle. Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 245 p.

Koné D., 2008. Contribution à l'étude des champignons épiphylles des bananiers en Côte d'Ivoire : Caractérisation morphologique et pathologique de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, *Cladosporium musae* Mason, *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis et *Cordana musae* Zim.; sensibilité à quelques fongicides. Thèse de Doctorat d'Etat. Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 244 p.

Krupinsky J., Bailey K., McMullen M., Gossen B. & Turkington K., 2002. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agronomy journal*, 94: 198-209.

Lepoivre P., 2003. La phytopathologie. Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondement des stratégies de lutte. Ed. De Boeck & Presses Agronomiques de Gembloux, Brussels, Belgium. 427 p.

Meredith D.S., 1970. Banana Leaf Spot Disease (Sigatoka) caused by *Mycosphaerella musicola* leach. Phytopathological Paper, n° 11. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Survey, UK. 147 p.

Melioum-Perfora A., Blizoua-Bi P., Kobenan K. & Koné D., 1996a. Répartiton des cercosporioses des bananiers et plantains en Côte d'Ivoire en 1994. Note de recherche, Cahiers Agricultures, 5: 181-184.

Mouliom-Pefoura A, Lassoudière A, Foko J. & Fontem D. A., 1996b. Comparison of developemnt of *Mycosphaerella fijiensis* and *Mycosphaerella musicola*

on banana and plantain the various ecological zones in Cameroun. *Plant Diseases*, 80: 950-954.

Mourichon X. & Fullerton R., 1990. Geographical distribution of two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*Cercospora fijiensis*), respectively agents of Sigatoka and Black leaf streak diseases in bananas and plantains. Fruits, 45 : 213-218.

Mourichon X., Carlier J. & Fouré E., 1997. Sigatoka leaf spot diseases : Black leaf streak disease (black Sigatoka), Sigatoka disease (yellow Sigatoka). In in collaboration with the PROMUSA Sigatoka Working Group. *Musa Disease* Fact Sheet, 8 : 4p.

Mourichon X., Carlier J. & Fouré, E., 1997. Sigatoka leaf spot disease, Musa Disease fact Sheet no 8 Inibap, Montpellier, France, 4p.

Onautshu O.D., 2013. Caractérisation des populations de *Mycosphaerella fijiensis* et épidémiologie de la cercosporiose noire du bananier (*Musa* spp.) dans la région de Kisangani (RDC). Thèse de doctorat de l'Université Catholique de Louvain, 309 p.

Ploetz R.C., Thomas J.E. & Slabaugh W.R., 2003. Diseases of banana and plantain. *In*: Ploetz RC, ed. *Diseases of Tropical Fruit Crops*. Wallingford, UK: CAB International Publishing, 109-112.

Romero R.A. & Sutton T.B., 1997. Reaction of four *Musa* genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from different geographical regions. *Plant Disease*, 81: 1139-1142.

Sahlan & Soemargono A., 2011. Distribution and incidence leaf diseases of banana in several banana production centers in North Sumatra, West Sumatra Bengkulu and West Java. *Agrivita,* 33 (2) : 174-181.

Stover R.H. & Dickson J.D., 1970. Leaf spots of bananas caused by *Mycosphaerella musicola* Leach: methods of measuring spotting prevalence and severity. *Tropical Agriculture* (Trinidad) 47 (4): 289-302.

Stover R.H. & Simmonds N.W., 1987. Bananas, 3rd edn. Harlow, Essex, UK: Longman Scientific and Technical.

Traoré S., 2008. Contribution à l'étude de comportement d'hybrides de bananiers et de bananiers plantain (*Musa* sp.) vis-à-vis des parasites foliaires (*Mycosphaerella* spp., *Cladosporium musae*) et racinaires (*Zythia* sp., *Radopholus similis, Pratylenchus coffeae*) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Unique. Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 181 p.

Traoré S., Kobenan K., Koné D., Gnonhouri P., Yao N.T. & Aké S., 2010. Distribution of *Mycosphaerella* spp. Diseases on banana in Côte d'Ivoire. *In :* Contribution of agricultural sciences towards achieving the millenium development goals. IeCAB-eBook, Publishing online at http://www.m.elewa.org, 49-54.

Tuo S., Amari L.-N.D.G.E., Chérif M., Ouédraogo S.L., Kassi F., Kouamé K.G., Camara B. & Koné D., 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.

Van Den Berg-Loridat J., 1989. Méthode de surveillance des populations de *Mycosphaerella musicola*, devenant plus ou moins résistantes aux fongicides utilisés dans les bananeraies

martiniquaises. *Fruits*, 44 (11): 599-602.

Zandjanakou-Tachin M., 2009. Distribution and genetic diversity of *Mycosphaerella* spp. of bananas in Nigeria. Thèse de doctorat de l'Université de Lomé, Faculté des Sciences, 126 p.

Zandjanakou-Tachin M., Ojiambo P. S., Vroh-Bi I., Tenkouano A., Gumedzoe Y. M. & Bandyopadhyay R., 2013. Pathogenic variation of *Mycosphaerella* species infecting banana and plantain in Nigeria. *Plant Pathology*, 62 : 298-308.

View publication stats