

Biologie et pathologie végétales / Plant biology and pathology

# Activités *in vitro* de différents fongicides sur la croissance chez *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Stover et Dickson, *Cladosporium musae* Morelet et *Deighthoniella torulosa* (Syd.) Ellis, parasites isolés de la phyllosphère des bananiers en Côte-d'Ivoire

Daouda Koné <sup>a,\*</sup>, Odjochoumou Jean Badou <sup>b</sup>, Edson Lezin Bomisso <sup>a</sup>,  
Brahima Camara <sup>a</sup>, Séverin Ake <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Université de Cocody, laboratoire de physiologie végétale, UFR Biosciences, 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>b</sup> Université d'Abobo-Adjamé, laboratoire de biologie végétale et d'amélioration des plantes, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Reçu le 5 avril 2006 ; accepté après révision le 20 mars 2008

Disponible sur Internet le 31 décembre 2008

Présenté par Philippe Morat

## Résumé

En Côte-d'Ivoire, entre autres parasites, la phyllosphère des bananiers est dominée par les attaques des parasites fongiques que sont *Mycosphaerella fijiensis* *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Mulder & Stover (Mycosphaerellaceae), *Cladosporium musae* Mason (Dematiaceae), *Deighthoniella torulosa* (Syd.) Ellis (Dematiaceae). La lutte contre ces parasites est basée sur l'utilisation de produits chimiques recommandés contre *Mycosphaerella fijiensis*. Cependant face à la diversité des espèces fongiques, 4 fongicides appartenant aux triazoles et aux strobilurines ont été utilisés à différentes concentrations *in vitro* en les additionnant au milieu de culture PDA avec pour témoin un milieu sans fongicide. Les colonies des espèces *Cladosporium musae*, *Mycosphaerella fijiensis* et *Deighthoniella torulosa* ont été mises en croissance sur ces milieux amendés et les milieux témoins. Les taux de réduction de la croissance et les Ci<sub>50</sub> ont été déterminés. Sur les 4 fongicides utilisés, les taux de réduction de la croissance mycélienne se sont avérés variables en fonction des matières actives et des espèces fongiques. Contre *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, les Ci<sub>50</sub> varient de 0,44 to 1,06 ppm pour des coefficients de corrélation allant de 0,71 à 0,91. Les Ci<sub>50</sub> contre *Cladosporium musae* (0,10 to 2,44 ppm) et *Deighthoniella torulosa* (0,26 to 0,52 ppm) varient selon les molécules chimiques pour des corrélations respectives de 0,78 à 0,99 et 0,86 à 0,95. La sensibilité des parasites fongiques des bananeraies peut être évaluée par la mesure de la croissance mycélienne des colonies issues des zones de résistance. **Pour citer cet article : D. Koné et al., C. R. Biologies 332 (2009).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

***In vitro* activity of different fungicides on the growth in *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Stover and Dickson, *Cladosporium musae* Morelet et *Deighthoniella torulosa* (Syd.) Ellis, isolated parasites of the banana phyllosphere in the Ivory Coast.** In Côte-d'Ivoire, banana leaf surfaces are attacked by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, *Cladosporium musae*, and

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [daoukone@yahoo.fr](mailto:daoukone@yahoo.fr) (D. Koné).

*Deighthoniella torulosa*. Control is based on fungicides recommended for *Mycosphaerella fijiensis*. Fungicides belonging to triazoles and strobilurines types were added, at different concentrations, to the PDA medium, using this PDA medium containing no fungicide as the control. Mycelium disc and spores of *Cladosporium musae*, *Mycosphaerella fijiensis* and *Deighthoniella torulosa* were put on the different media. Total inhibition of mycelium growth of every fungus on the PDA amended with propiconazole was observed. The fungicides used show different activities according to their concentration and their mode of action. The application of a fungicide should take into account the pathogenic fungus involved in the leaf attacked. Against *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, the  $Ci_{50}$  are different according to the concentrations (0.44 to 1.06 ppm). Correlations ranked from 0.71 to 0.91 are also different according to fungicide used. The  $Ci_{50}$  of *Cladosporium musae* (0.10 to 2.44 ppm) and *Deighthoniella torulosa* (0.26 to 0.52 ppm) are different and their correlations are respectively 0.78 to 0.99 and 0.86 to 0.95. An assessment of the sensitivity of parasitic fungi of banana can be made by mycelium growth measurement of fungi isolated from resistance zones. **To cite this article: D. Koné et al., C. R. Biologies 332 (2009).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots-clés :** Bananiers ; Phyllosphère ; Parasites fongiques ; Fongicides ; Efficacité *in vitro*

**Keywords:** Banana; Leaf surface; Fungi; Fungicides; *In vitro* activity

## Abridged English version

Banana and plantain are attacked by fungi belonging to genus *Mycosphaerella fijiensis*, *Mycosphaerella musicola*, *Cladosporium musae*, *Deighthoniella torulosa* [1]. *Mycosphaerella fijiensis* is responsible of severe defoliation on banana plants and plantain. *Cladosporium musae* is responsible of *Cladosporium* leaf speckle on Pisang Mas in Côte-d'Ivoire, Malaysia and Uganda. *Deighthoniella torulosa* is a fungus associated to *Mycosphaerella* disease and can alone induce symptoms. Fungicides belonging to triazoles (propiconazole), benzimidazoles (Peltis), Strobilurin (Trifloxystrobin), Spiroketalamins (Spiroxamine) are the basis of the control program for *Mycosphaerella fijiensis*. No fungicides are recommended for *Cladosporium musae* and *Deighthoniella torulosa*.

The fungicide under test was used at low concentration to allow fungal growth in order to determine the lower bound on the concentration which reduced or inhibit fungal growth. Single spore colonies of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* and *Deighthoniella torulosa* were obtained from banana leaves of cultivar Orishele (*Musa* AAB). *Cladosporium musae* were obtained from cultivar "Figue Sucrée" (*Musa* AA). The three fungi tested *in vitro* induce symptoms. Media PDA were amended with each fungicide at 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 and 1 ppm. Mycelium discs, 6-mm in diameter, were put at the centre of 90-cm-diameter plates. Controls were represented by non-amended media. Fungicides show different activities according to the fungi and their mode of action. Trifloxystrobin, propiconazole and tebuconazole reduced the growth of *Mycosphaerella fijiensis* and *Cladosporium musae* by 75–90%. Mycelium growth reduction of *Deighthoniella torulosa* reached 50

to 75% with tebuconazole, trifloxystrobin and spiroxamine. The inhibition of conidia germination is different to mycelium growth. Trifloxystrobin, Spiroxamine and propiconazole have the same activity on *Mycosphaerella fijiensis* and *Cladosporium musae*. Conidia of *Deighthoniella torulosa* were inhibited by all the fungicides tested. Trifloxystrobin showed the best activity on mycelium diameter of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* at 1 ppm. However, it showed best activity on *Cladosporium musae* and *Deighthoniella torulosa* at a lower concentration (0.5 ppm). The sensitivity of different isolates to the fungicides can be determined using an individual colony and by measurement of the colony diameter.

## 1. Introduction

La phyllosphère des bananiers est colonisée par les champignons appartenant à des espèces différentes, *Mycosphaerella fijiensis* (maladie des raies noires), *Mycosphaerella musicola* (cercosporiose jaune), *Cladosporium musae* (cladosporiose), *Deighthoniella torulosa* (responsable des taches brun jaunâtre) [1]. *Mycosphaerella eumusae*, une espèce déjà existante depuis plusieurs années a été identifiée et différenciée des espèces pathogènes de *Mycosphaerella fijiensis* et *Mycosphaerella musicola* [2]. D'autres espèces comme *Acrodontium simplex* (causant des taches en pointillés), *Veronaea musae* et *Periconiella musae* (causant des taches en zone tropicale), *Phaeroseptoria musae* sont signalées [3]. Il a été montré que la plupart de ces espèces occasionne seule des symptômes, il est très fréquent de rencontrer plusieurs espèces en association et contribuant à la réduction rapide des surfaces photosynthétiques. Les pathologies dominantes sur bananiers en Côte-d'Ivoire

Tableau 1

Espèces fongiques isolées de la phyllosphère des bananiers et utilisées pour les tests *in vitro* avec les fongicides.

Espèces fongiques	Localités	Dates d'isolement	Collecteur	Hôtes
<i>Cladosporium musae</i>	Abidjan	février 2003	Koné Daouda	Figue Sucrée
<i>Deightoniella torulosa</i>	Abidjan	février 2003	Koné Daouda	Orishele
<i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	Abidjan	août 2005	Koné Daouda	Orishele

sont causées par *Mycosphaerella fijiensis*, *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* sur bananiers dessert et plantains, sur le cultivar Figue sucrée [4]. *Cladosporium musae* est très fréquemment associé aux cercosporioses mais occasionne d'importants dégâts en Côte-d'Ivoire sur Figue Sucrée, *Musa* AA [5] en Malaisie sur « Pisang Mass » (synonyme de Figue Sucrée) et sur « Pisang berangan », Lakatan, Cavendish, *Musa* AAA [6] et sur les bananiers de hautes altitudes en Uganda [7] et [8]; [9] et au Kenya [10]. La cladosporiose a été récemment observée sur bananier de dessert en Afrique du Sud [11]. *Deightoniella torulosa* serait très associé à ce genre d'attaque. Il se trouve à cet effet très associé aux attaques des cercosporioses et de la cladosporiose et peut occasionner seul des attaques sur les bananiers notamment le cultivar Orishele [12]. La lutte contre les maladies foliaires est focalisée sur la recherche de molécules efficaces contre les cercosporioses. En Côte-d'Ivoire, les fongicides utilisés appartiennent familles que sont les triazoles, les benzimidazoles, les spiroketalamines, les dithiocarbamates et les Anilino-pyrimidines [13]. Cette utilisation de fongicides est indispensable pour la production suffisamment et en qualité avec des coûts de production atteignant 1000 dollars par an et par ha [14]. Suite aux résistances constatées avec les inhibiteurs de la synthèse des stérols fongiques, le propiconazole de la famille des triazoles est utilisé en bananeraie depuis 1984 [15]. L'apparition de zones de résistance a été observée en Côte-d'Ivoire depuis plus d'une décennie dans les bananeraies au sud-est. La réduction de la sensibilité au propiconazole a été rapportée par certains auteurs [16,17]. Des souches résistantes ont été observées dans les plantations non traitées [18]. Par conséquent, de nouvelles molécules appartenant aux Strobilurines et Spiroketalamines ont été homologuées en vue de leur utilisation seule ou en alternance avec les molécules existantes.

Face donc à la diversité fongique et à l'utilisation de fongicides appartenant à différentes familles ou de fongicides d'une même famille ayant des matières actives différentes, cette étude a été conduite en vue d'envisager d'une part la recherche d'efficacité des produits vis-à-vis d'autres champignons parasites des bananiers. D'autre part, l'étude permettra de mettre en évidence la

possibilité d'évaluer les risques d'apparition de souches résistantes de chaque parasite par utilisation de fragments mycéliens issus d'isolats monospores. Ces isolats monospores offrent la possibilité d'obtenir des réponses liées à la valeur intrinsèque de chaque colonie au niveau génétique et permet de comparer efficacement la réaction à plusieurs molécules. L'utilisation des conidies ou des ascospores pourrait engendrer des réactions différentes d'une spore à une autre, chacune des spores ou propagules infectieuses pouvant être génétiquement différente des autres.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Obtention des souches

Les espèces fongiques utilisées sont regroupées dans le Tableau 1. *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* a été isolé après la chute des ascospores à partir de feuilles nécrosées de bananier plantain cv Orishele sur milieu gélosé. Les ascospores sont transférées sur milieu PDA en vue de favoriser l'obtention des colonies. A partir des fragments de feuilles nécrosés du même bananier des conidies ont été transférées individuellement sur milieu de culture PDA. *Deightoniella torulosa* a été aussi isolée des feuilles de bananier plantain cv Orishele après la chute des conidies sur milieu gélosé et de leur transfert sur milieu PDA. Les colonies de *Cladosporium musae* ont été obtenues à partir de feuilles de bananier de dessert cv Figue Sucrée par isolement en spores de masse suivie d'un isolement monospore après étalement des suspensions de spores diluées à 200 spores/ml sur milieu PDA. Les souches monospores obtenues pour les différentes espèces sont conservées dans du glycérol 15% à  $-20^{\circ}\text{C}$ . Un isolat de chaque champignon a été utilisé. Ces isolats ont été choisis dans notre collection après avoir mis en évidence leur activité pathogène par le postulat de Koch. Des études phylogénétiques ont permis après de confirmer l'identification de *Cladosporium musae* [19] parmi d'autres espèces de *Cladosporium* sp. à partir de séquences nucléotidiques obtenues dans les banques de gènes ainsi que *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* et *Deightoniella torulosa* (Koné, données non publiées).

Tableau 2  
Caractéristiques des différents fongicides utilisés.

Nom commercial	Matière active	Dose recommandée	Champignon visé
Bumper 25 EC	Propiconazole	0,4 l/ha	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>
Téga 075 EC	Trifloxystrobine	75 g/ha	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>
Folicur 250 EC	Tebuconazole	0,4 l/ha	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>
Impulse 800 EC	Spiroxamine	0,4 l/ha	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>

## 2.2. Préparation des suspensions, activité des molécules

Les fongicides utilisés sont regroupés dans le Tableau 2. Tous ces fongicides sont essentiellement destinés à la lutte contre la maladie des raies noires due à *Mycosphaerella fijiensis*. Les tests *in vitro* ont été réalisés avec 4 fongicides de synthèse. Les concentrations ont été ramenées en ppm en tenant compte de la teneur en matière active de chaque produit. Ainsi, les mélanges fongicides ont été obtenus à partir de solutions mères des fongicides de synthèses préparées aux concentrations 100, 10 et 1 ppm. Après avoir autoclavé les milieux de culture, les solutions mères ont été utilisées pour préparer les mélanges de fongicides aux concentrations de 0,01, 0,05, 0,1, 0,5 et 1 ppm. Les milieux de culture ont été homogénéisés et distribués en boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre en raison d'environ 17 ml par boîte de Pétri. En effet ces concentrations renferment celles recommandées par le FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) pour détecter les des foyers de résistance à partir d'échantillons prélever dans les plantations traitées.

La sensibilité des différents champignons a été évaluée d'abord en mesurant la croissance radiale des colonies de chaque champignon. L'inoculation a consisté à repiquer au centre de chaque boîte de Pétri un explant de 6 mm de diamètre prélevé sur le front de croissance des colonies de chaque champignon en culture (Tableau 1). La croissance radiale a été mesurée selon deux axes perpendiculaires tracés à la base de chaque boîte de Pétri et qui se coupent au milieu de l'explant. Pour chaque fongicide, cinq boîtes de Pétri ont été ensemencées par concentration et par répétition. Les témoins étaient constitués de colonies en croissance sur des milieux ne contenant aucune trace de fongicides. Les expériences ont été répétées 3 fois.

L'efficacité de chaque fongicide a été déterminée à partir du taux d'inhibition calculé par rapport au diamètre moyen des témoin selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'inhibition} = \frac{T - E}{T} \times 100$$

$T$  = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements témoins;  $E$  = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements essais.

## 3. Analyse des résultats

Les données obtenues ont été analysées par une ANOVA à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0. Les moyennes ont été comparées au seuil de 5% par le test de Newman-Keuls. Les barres d'erreur sur les courbes représentent les déviations standard calculées à partir de l'écart type. La concentration qui inhibe 50% de la croissance ( $C_{i50}$ ) a été calculée après avoir déterminé les équations de régressions.

### 3.1. Sensibilité des champignons à différentes molécules

Le taux de réduction de la croissance mycélienne s'accroît avec l'augmentation de la concentration de produit quelque soit l'agent pathogène. En présence du tebuconazole, de la trifloxystrobine et du propiconazole, les taux de réduction de la croissance mycélienne de *Mycosphaerella fijiensis* et *Cladosporium musae* sont plus importants qu'en présence de spiroxamine (Figs. 1 et 2). La trifloxystrobine inhibe totalement la croissance mycélienne de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* (100% d'inhibition) aux concentrations 0,5 et 1 ppm qui ne sont pas totalement inhibitrices chez *Cladosporium musae* (taux d'inhibition < 85%) (Fig. 2). Chez *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, la  $C_{i50}$  est inférieure à 0,6 ppm et est de 0,44; 0,57 et 0,73 ppm respectivement avec la trifloxystrobine, le propiconazole et le tebuconazole (Tableau 3). Cependant, pour la spiroxamine, il faut environ 1,06 ppm pour inhiber de 50% la croissance mycélienne de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. L'activité de la spiroxamine sur *Mycosphaerella fijiensis* est moins inhibitrice que celle des autres molécules. Les corrélations observées sont positives et les coefficients vont de 0,78 à 0,89.

Chez *Cladosporium musae* la trifloxystrobine et le propiconazole réduisent plus la croissance mycélienne jusqu'à 70 ou 80%. Cependant, avec la spiroxamine les

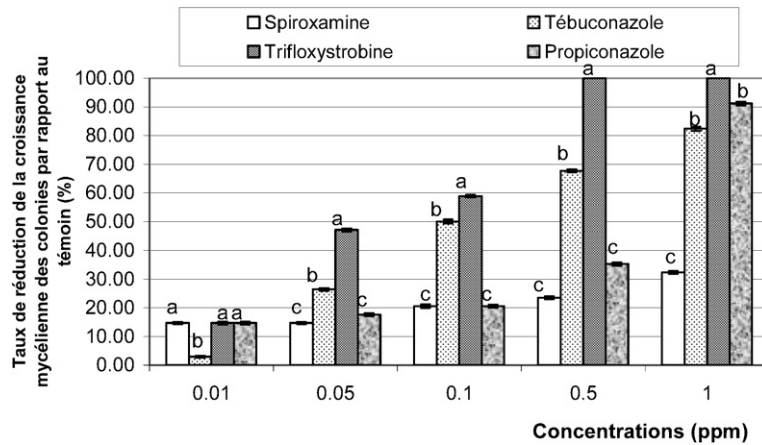


Fig. 1. Activités *in vitro* de différentes molécules sur la croissance radiale de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Les lettres différentes indiquent les différences significatives au seuil de 5% entre les moyennes des 3 répétitions (test de Newman–Keuls).

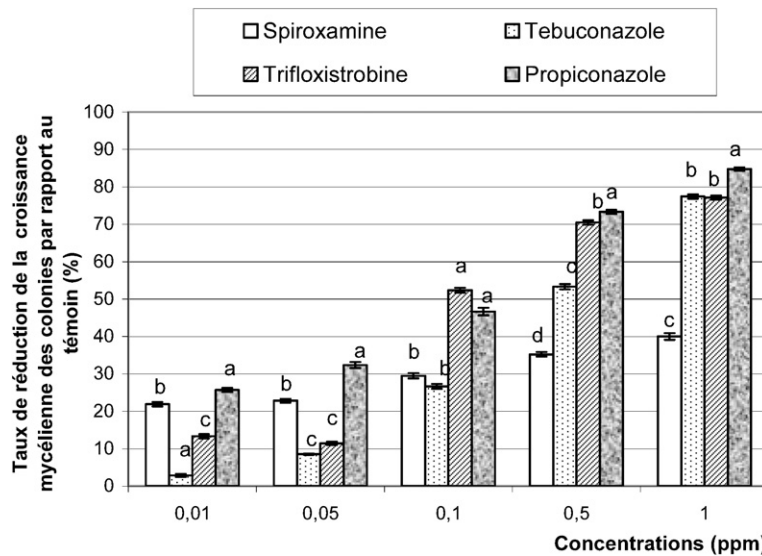


Fig. 2. Activités *in vitro* de différentes molécules sur la croissance radiale de *Cladosporium musae*. Les lettres différentes indiquent les différences significatives au seuil de 5% entre les moyennes des 3 répétitions (test de Newman–Keuls).

Tableau 3

Concentrations de fongicides inhibant de 50% la croissance mycélienne 7 JAI chez *D. torulosa*, 11 JAI chez *M. fijiensis* var. *difformis* et *C. musae* 48 h après inoculation et leur coefficient de corrélation ( $R^2$ ).

Matières actives	Ci <sub>50</sub> de la croissance mycélienne (ppm) et coefficient de corrélation					
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>		<i>Cladosporium musae</i>		<i>Deightoniella torulosa</i>	
	Ci <sub>50</sub>	$R^2$	Ci <sub>50</sub>	$R^2$	Ci <sub>50</sub>	$R^2$
Spiroxamine	1,06	0,78	0,87	0,99	0,26	0,92
Tebuconazole	0,73	0,89	2,44	0,78	0,48	0,86
Trifloxystrobine	0,44	0,89	0,10	0,91	0,37	0,94
Propiconazole	0,57	0,87	0,53	0,82	0,52	0,95

taux d'inhibition ne dépassent pas 40% (Fig. 2). Les différences observées sont significatives au seuil de 5% (test de Newman–Keuls). Les Ci<sub>50</sub> pour la trifloxystro-

bine et le propiconazole sont obtenues pour des concentrations inférieures respectivement inférieures ou égales à 0,1 et 0,55 ppm tandis que pour la spiroxamine et

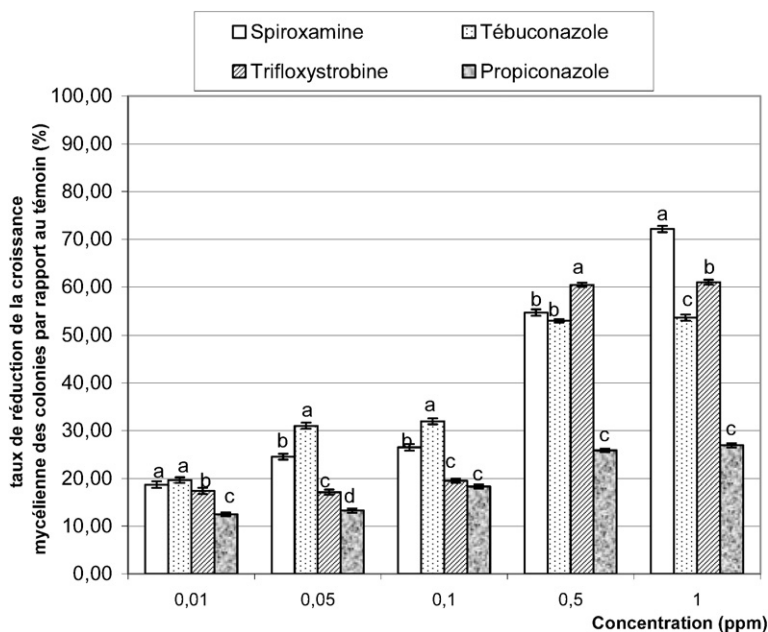


Fig. 3. Activités *in vitro* de différentes molécules sur la croissance radiale de *Deightoniella torulosa*. Les lettres différentes indiquent les différences significatives au seuil de 5% entre les moyennes des 3 répétitions (test de Newman–Keuls).

le tébuconazole les  $C_{50}$  sont respectivement de 0,87 et 2,44 ppm (Tableau 3). Les corrélations positives varient de 0,78 à 0,99.

Chez *Deightoniella torulosa*, la spiroxamine, le tébuconazole et la trifloxystrobine réduisent de 15 à 70% environ la croissance mycélienne en fonction des concentrations (Fig. 3). L'analyse statistique a montré des différences significatives au seuil de 5% (test de Newman et Keuls). Les coefficients de corrélations, positifs se situent entre 0,86 et 0,95. La croissance mycélienne est réduite de 50% aux concentrations de 0,26; 0,37; 0,48 et 0,52 respectivement pour la spiroxamine, la trifloxystrobine et la tébuconazole et le propiconazole (Tableau 3).

#### 4. Discussion

Le taux de réduction de la croissance mycélienne est différent d'un champignon à l'autre et d'un produit à l'autre. L'inhibition totale de la croissance de *Mycosphaerella fijiensis* confirme l'activité des molécules commercialisées sous les noms Tilt [11] et Bumper. Ces résultats rassurent sur l'efficacité du propiconazole contre la croissance mycélienne de *Mycosphaerella musicola* et confirment les travaux qui ont montré que ce fongicide réduit l'apparition de souches résistantes à 3,4% par rapport au tridemorphe chez lequel les risques s'élève à 9% [12]. Les différences d'activités des fongicides par rapport aux espèces fongiques seraient

en rapport avec la constitution de chacune des espèces fongiques et le site d'action des différentes molécules. Des inhibitions considérablement de la croissance mycélienne ont été observées au fur et à mesure que les concentrations étaient élevées dans le milieu de culture.

Ces champignons bien qu'étant tous des Deuteromycètes appartiennent à des familles différentes. Ils se caractérisent aussi par des gènes différents à l'origine de la production de substances déterminant leurs activités pathogènes [13] ou de leur résistance différentielle aux produits. Les fongicides, par leurs structures moléculaires agiraient différemment sur les champignons malgré le fait que certains ont les mêmes sites d'action [20]. Chez *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, la trifloxystrobine, le propiconazole et le tébuconazole ont des activités meilleures par rapport à la spiroxamine. Cette molécule bien que possédant une fonction amine intervient comme les autres inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS) en agissant sur la  $\Delta 14$ -reductase. La trifloxystrobine est considérée comme un inhibiteur de la germination par le fait que cette molécule agit au niveau de la respiration avec un large spectre d'activité et une action préventive très bonne [20]. Cette molécule est une des strobilurines ayant des propriétés voisines de celles des fongicides multi sites et possédant une persistance d'action. Elle agirait plus efficacement à des doses 10 fois inférieures [20]. Leur mode de distribution par le xylème ou à la vapeur leur confère des activités curatives et des propriétés anti-sénescences en raison

de leur faible teneur en éthylène [20]. Le tébuconazole s'est montré plus efficace par rapport aux autres molécules sur *Botrytis cinerea* [21]. Les produits agiraient à des doses inférieures sur la germination par rapport à la croissance mycélienne de *Ascochyta rabiei* [22]. Les taux d'inhibition se rapprochent des observations faites à partir de souches de différentes zones en Côte-d'Ivoire [23]. Ces essais de monitoring ont été effectués à partir d'ascospores (spores sexuées) selon les recommandations du FRAC. La persistance des foyers de maladies des raies noires dans certaines zones de production a été notée dans la plupart des plantations industrielles de bananiers en Côte-d'Ivoire. *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* est un champignon pathogène qui aurait le mode d'action que *Mycosphaerella fijiensis* par la production de composés toxiques impliqués dans la pathogénèse [24–26]. Nos travaux ont été effectués sur des explants mycéliens, donc sur des colonies monospores avec moins de risque diversité génétique. Contrairement à la chute des ascospores où les spores pourraient génétiquement être différentes et réagir différemment aux produits En effet l'utilisation d'explants mycéliens a été utilisée chez *Ventura inaequalis* après 5 jours de croissance [16] puis chez *Mycosphaerella fijiensis* [18]. Par leurs travaux, Romero et Sutton ont confirmé l'avantage de travailler sur des colonies mycéliennes que les ascospores qui sont un mélange de spores dont chacune pourrait génétiquement être différente des autres. Les triazoles (Propiconazole et tébuconazole) utilisés ont inhibé la croissance radiale 0,1 ppm et les seuils de croissance par rapport à la normale, inférieurs à 20% restent en accord avec les normes définies par le FRAC (*Fungicid Resistance Action Commitee*). Les différentes molécules ont montré des activités inhibitrices vis-à-vis de *Cladosporium musae* et *Deightoniella torulosa* contre lesquels ils peuvent être utilisés à des doses recommandées contre *Mycosphaerella fijiensis* avant de définir les concentrations au champ. La résistance aux strobilurines selon le FRAC [27] se traduit par une croissance du tube germinatif supérieure ou égale à 75% du témoin. Les seuils d'inhibition restent inférieurs au seuil de 20% indiqué pour les triazoles et les strobilurines à 0,1 ppm.

La trifloxystrobine, un inhibiteur de la respiration s'est montrée efficace sur la croissance radiale comparativement aux autres produits. Chez *Mycosphaerella fijiensis*, son activité sur la croissance est meilleure à 1 ppm. Par contre chez *Cladosporium musae*, la trifloxystrobine et le propiconazole ont présenté des activités inhibitrices à des doses inférieures à celles de *Mycosphaerella fijiensis*. Contre *Deightoniella torulosa*, la trifloxystrobine, la spiroxamine et le propiconazole limiteraient mieux la croissance fongique à des doses

inférieures à celles utilisées contre *Mycosphaerella fijiensis*. Compte tenu de la différence d'activité des molécules sur la croissance la prise en compte des stades et des périodes de développement de la maladie permettrait d'envisager des stratégies raisonnées d'utilisation des produits en alternance et/ou en mélange. Aucun fongicide n'a été véritablement homologué à ce jour contre *Cladosporium musae* qui constitue une menace en culture du cultivar Figue Sucrée. Ces fongicides pourraient aussi être utilisables dans des stratégies intégrées de lutte sur les bananiers sensibles à la cladosporiose et dans un souci de limiter les infections précoces dues à *Deightoniella torulosa*. Ce qui permettra de réduire le nombre d'utilisation annuel de chaque produit. Aussi, l'évaluation des résistances pourrait être faite par isolement des souches dans les zones à risque en vue d'évaluer leur comportement vis-à-vis des fongicides en utilisant les implants mycéliens.

## Références

- [1] R.H. Stover, Fungus diseases of the foliage, in: D.R. Jones (Ed.), Disease of Banana Abaca and Enset, CABI Publishing, Wallingford, UK, 1972, pp. 108–111.
- [2] J. Carlier, M.F. Zapater, F. Lapeyre, D.R. Jones, X. Mourichon, *Septoria* leaf spot of banana: A newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (anamorph *Septoria eumusae*), Phytopathology 90 (2000) 884–890.
- [3] D.R. Jones, Diseases of Banana, Abaca and Ensete, Library of Congress cataloging-in-Publication Data, CABI Publishing, UK, 2000.
- [4] D. Koné, J.Y. Kouadio, S. Traoré, K. Kobenan, S. Aké, Epidémiologie comparée de la cercosporiose noire et de la cladosporiose chez le bananier en Côte d'Ivoire, Agron. Afr. XVIII (2) (2006) 175–185.
- [5] D. Koné, Contribution à l'étude des cercosporioses et à la cladosporiose des bananiers en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 1998, 218 p.
- [6] M.A. Sahlan, Z. Abidin, M. Sariah, S. Gurmit, Identification of the fungus causing leaf speckle in Malaysia, in: International Congress of *Musa*, Harnessing Research to Improve Livelihoods, Penang-Malaysia Poster, 6–9 July 2004.
- [7] C. Pasberg-Gauhl, F. Gauhl, Response to east African Highland Bananas to black leaf streak sigatoka and *Cladosporium* leaf speckle under tropical humid forest and conditions in west Africa, in: K. Craenen et al. (Eds.), Proc. I Int. Symp. (2000), On Banana and Plantain for Africa, Acta Hort. 540, ISHS, 2000.
- [8] W.K. Tushemereirwe, C.S. Gold, P.R. Speijer, M. Holderness, Foliar diseases of banana in Uganda: Results from a diagnostic survey, Afric. Crop Sci. J. 1 (1993) 145–149.
- [9] W.K. Tushemereirwe, Factor influencing the expression of leaf spot disease of highland banana in Uganda, PhD thesis, University of Reading, UK, 1996, 197 p.
- [10] J.N. Kung'u, A.A. Seif, J.M. Waller, Black leaf streak and other foliar diseases of banana in Kenya, Trop. Pest Management 38 (1992) 359–361.

- [11] A.K.J. Surridge, F.C. Wehner, P.W. Crous, A. Viljoen, First report of *Cladosporium musae* on banana in South Africa, Australian Plant Pathology Society 32 (2003) 499–503.
- [12] D. Koné, E.L. Bomisso, B. Camara, A. Gnui, S. Aké, A.P. Anno, P. Nicot, Caractérisation pathologique *in vitro* de *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis sur les cultivars de bananiers Figue Sucrée (*Musa* AA), Grande Naine (*Musa* AAA) et Orishele (*Musa* AAB), Sci. Nat. 4 (2) (2007) 179–188.
- [13] Anonyme, Bananas, a whole bunch of solutions, Bayer Crop Science (2005), 30 p.
- [14] A.B. Molina, Jr., J.A. Sales, Evaluation of sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* to propiconazole, in: R.A. Fullerton, R.H. Stover (Eds.), Proceedings of an International Workshop, March 28–April 1, 1989, San José, Costa Rica, pp. 90–99.
- [15] E. Fouré, 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 plantain au Gabon, Fruits 38 (1) (1983).
- [16] L. De Lapeyre de Bellaire, Caractérisation de la sensibilité des souches de *Pseudocercospora musae* aux fongicides utilisés dans la lutte contre la cercosporiose jaune du bananier en guadeloupe, Fruits 43 (3) (1990).
- [17] R. Ploetz, Black Sigatoka, Disease control, Pesticide Outlook (February 2000), pp. 19–23.
- [18] R.H. Stover, Sigatoka leaf spots: Thirty years of changing control strategies: 1959–1989, in: R.A. Fullerton, R.H. Stover (Eds.), Sigatoka Leaf Spot Diseases of Bananas, INIBAP, Montpellier, France, 1990, pp. 66–74.
- [19] F.D. Smith, D.M. Parker, W. Koller, Sensitivity distribution of *Ventura inaequalis* to the sterol dimethylation inhibitor flusilazole Baseline sensitivity and implications for resistance monitoring, Phytopathology 81 (1991) 392–396.
- [20] R.H. Stover, Changes in sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* to Tilt, Informe Union Paises Exportadores Bananas 97 (1993) 45–47.
- [21] R.A. Romero, T.B. Sutton, Sensibility of *Mycosphaerella fijiensis*, Causal Agent of Black Sigatoka of Banana, to Propiconazole, Phytopathology 87 (1) (1996) 86–100.
- [22] D. Koné, P. Nicot, D. Koné, M. Bardin, S. Aké, Caractérisation Phylogénétique des isolats de *Cladosporium* sp. de la phyllosphère des bananiers en Côte-d'Ivoire, in : XVIIIth Congrès de l'AETFAT (Association pour l'Etude et la Taxonomie de la Flore Africaine), 26 Février–02 Mars 2007, Communication orale – Yaoundé–Cameroun, Organized by National Herbarium/IRAD/MINRESI, 2007.
- [23] A. Idnurm, B. Howlett, Pathogenicity genes of phytopathogenic fungi, Molecular Plant Pathology 2 (4) (2001) 241–255.
- [24] P. Leroux, Mode d'action des produits phytosanitaires sur les organismes pathogènes des plantes, Biologie et Pathologie Végétales. C. R. Biologies 326 (2003) 9–21.
- [25] C. Stenmann, M.A. de Waard, Factor influencing activity of triazole fungicides towards *Botrytis cinerea*, Crop Protection 15 (1) (1996) 39–47.
- [26] F. Dermici, H. Bayraktar, I. Babaliogullu, F.S. Dolar, S. Maden, *In vitro* and *in vivo* effects of some fungicides against the Chickpea Blight Pathogen, *Ascochyta*, J. Phytopathology 151 (2003) 519–524.
- [27] P. Lepoivre, Ch.P. Acuna, Production of toxins by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* and induction of antimicrobial compounds in banana: their relevance in breeding for resistance to black Sigatoka, in: R.A. Fullerton, R.H. Stover (Eds.), Proceedings of an International Workshop held at San José, Costa Rica, March 28–April 1, 1989.