

**VARIABILITE DE LA SENSIBILITE IN VITRO DE SOUCHES DE
Mycosphaerella fijiensis (MORELET) ISOLEES DES BANANERAIES
INDUSTRIELLES DE LA COTE D'IVOIRE A DIFFERENTS FONGICIDES
DE LA FAMILLE DES TRIAZOLES**

***SENSITIVITY OF *Mycosphaerella fijiensis* TO THREE FUNGICIDES OF
TRIAZOLES***

N'GUESSAN P. H.¹, KASSI K. F. J.-M.², CAMARA B.³, KOBENAN K.⁴ et KONE D.⁵

¹ Laboratoire de physiologie végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire. Email : nphenri@yahoo.fr

² Laboratoire de physiologie végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

³ Laboratoire de physiologie végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

⁴ Centre National de Recherche Agronomique ; Station de Bimbresso, BP 1536 Abidjan 01, Côte d'Ivoire,

⁵ Laboratoire de physiologie végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ

La maladie des raies noires (MRN) causée *Mycosphaerella fijiensis* entraîne la baisse des rendements des bananeraies industrielles en Côte d'Ivoire. Elle est généralement contrôlée par l'application de fongicides systémiques. Cette étude vise à évaluer le niveau de variabilité de sensibilité de *Mycosphaerella fijiensis* à différentes molécules de la famille des triazoles. Quarante-deux (96) souches, provenant de 3 zones agro-industrielles, ont été testées par l'étude *in vitro* de la croissance des tubes germinatifs sur milieu gélosé, additionné de différentes concentrations des fongicides. Les souches ont été isolées en avril 2013 et avril 2014. Au cours des 10 dernières années précédant les isolements, les formulations à base de propiconazole ont été les plus utilisées (80%). Les résultats obtenus montrent, que les pourcentages de réduction de la croissance varient en fonction des matières actives et des localités. Ils montrent, par ailleurs, une grande variabilité des valeurs de CI 50 et CI 90 des souches. Le difénoconazole a présenté la plus forte action inhibitrice, avec des CI 50 significatifs ($p=0,05$) de 0,02 mg/l ; 0,03mg/l ; et 0,02 mg/l, respectivement, à Grand Niéky ; Grand Fleuve et Banacomoé. Le propiconazole a révélé les CI 50 les plus élevées, indiquant que la sensibilité des souches est liée au nombre de traitements.

Mots clés : Bananiers, maladie des raies noires, *Mycosphaerella fijiensis*, fongicide systémique, sensibilité

ABSTRACT

The black Sigatoka (BS) caused by *Mycosphaerella fijiensis* causes lower yields of industrial banana plantations in Côte d'Ivoire. It's usually controlled by systemic fungicides application. This study aims to assess the sensitivity variability level of *Mycosphaerella fijiensis* to different molecules of triazoles. Ninety-six (96) strains of the pathogen, isolated from three agro-industrial areas, were tested by the *in vitro* study of the germ tube growth on agar medium supplemented with different concentrations of the fungicide. The strains were isolated in April 2013 and April 2014. In the last 10 years before isolates, propiconazole (triazoles) has been the most widely used fungicide (80%). The results show that the percentages of reduced growth vary with active ingredient and according to the localities. They also show great variability of IC 50 values and IC 90 strains. Difenoconazole presented the highest inhibitory activity with IC 50 significant ($p = 0.05$) 0.02 mg/l; 0.03 mg/l; and 0.02 mg/l, respectively, at Grand Niéky; Grand Fleuve and Banacomoé. Propiconazole showed the highest IC 50, indicating that the strain sensitivity is related to the number of treatments.

Key words: Banana tree, black Sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis*, systemic fungicide, sensitivity

INTRODUCTION

La maladie des raies noires, causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, est actuellement la principale maladie foliaire qui affecte le plus la production des bananiers et plantains. Elle provoque des nécroses foliaires, entraînant des pertes de rendement, mais aussi et surtout, une précocité de la maturation de la banane, ne permettant pas de fournir un produit acceptable pour l'exportation (De Lapeyre *et al.*, 2010). En Côte d'Ivoire, les exportations concernent, dans la plupart des cas, les bananes de dessert, alors que les bananes plantains constituent, une des principales cultures d'autoconsommation des populations. La filière banane de dessert contribue à environ 3% au PIB national et 8 à 10% au PIB agricole. En 2010, la production ivoirienne était estimée à 399.000 tonnes (FAO, 2011) dont 80% exportées vers le marché de l'Union Européenne et 12% est exportée dans la sous-région ouest africaine (Sénégal, Mali...) (FIRCA, 2014). La bananeraie industrielle ivoirienne occupe, aujourd'hui, environ 8500 ha (FAO, 2015).

Le contrôle efficace de *Mycosphaerella fijiensis* nécessite des applications de fongicides à action préventive et des fongicides systémiques à action curative mélangés à l'huile minérale, en procédant jusqu'à 25 applications par année (Kernot, 1998). L'utilisation intensive des fongicides, notamment les fongicides systémiques, a provoqué l'apparition de résistance des souches pathogènes. Elle a aussi occasionné la formation de souches qui sont devenues plus virulentes que les souches d'origine, en plus d'une pollution environnementale (Fullerton et Olsen, 1991 ; Mouliom-Pefoura, 1999) dans plusieurs régions du monde et particulièrement au Cameroun et au Costa Rica (Mavroëidi et Shaw, 2004).

En Côte d'Ivoire, N'guessan (2008) a mis en évidence, au laboratoire, des souches de *M. fijiensis* résistantes au propiconazole et au méthylthiophanate issues de certaines plantations agro-industrielles de banane dessert. Cette perte graduelle de sensibilité au propiconazole a été aussi observée par Essis *et al.*, (2010). Elle se traduit, aux champs, par une érosion de l'efficacité de ce fongicide. Une augmentation du nombre

de traitements est observée dans toutes les plantations. Ainsi, de 8 traitements, en moyenne, par année, en 2000, l'on est passé, en moyenne, à 15 usages, en 2010, dans certaines plantations. Une gamme diversifiée des matières actives de triazole sont intégrées dans les stratégies de traitement. En 2009, les premiers essais, basés uniquement sur l'utilisation des fongicides de contact, sont mis en exécution. Trente (30) à 48 traitements annuels au mancozèbe ont été effectués au cours de ces dernières années sur la quasi-totalité des plantations.

C'est dans ce contexte d'amélioration des stratégies de traitement que se situe le présent travail. Il a pour objectif de comparer la sensibilité de *M. fijiensis* à 3 matières actives de la famille des triazoles. Les agents pathogènes proviennent des plantations plus ou moins intensivement traitées, qui ont été comparés, avec des populations pathogènes issues des plantations paysannes jamais traitées. Cette analyse de la sensibilité a permis de détecter, toute modification de sensibilité entraînée par la pression de sélection des traitements fongicides et, éventuellement de confirmer l'hypothèse, d'une perte d'efficacité des triazoles, dans les plantations industrielles de bananes.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Les observations ont porté sur les cultivars de bananiers Grande Naine (*Musa* sp. Groupe génomique AAA), très sensible à la maladie des raies noires (MRN).

Le matériel fongique est constitué de conidies de *Mycosphaerella fijiensis* obtenues à partir de feuilles vivantes infestées de bananiers, et prélevées au hasard dans différentes plantations industrielles de bananiers et une plantation paysanne.

Les fongicides utilisés pour les essais sont des Inhibiteurs de la C-14 déméthylation (IDM), appartenant tous à la famille des triazoles, mais comprenant des matières actives différentes (tableau 1).

Tableau 1 : Fongicide utilisés

Fungicides used

Famille	Matière active	Teneur	Nom commercial	Dose
Triazole	Propiconazole	250 g/l	TILT 250 EC	0,4 l/ha
Triazole	Difenoconazole	250 g/l	DIFECOR 250 EC	0,4 l/ha
Triazole	Epoxiconazole	75 g/l	OPAL 7,5 EC	1 l/ha

Méthodes

Prélèvement des échantillons foliaires

Les prélèvements ont eu lieu sur trois différents sites, de plantations industrielles de bananiers dessert : Grand Nieky (980 ha), Grand Fleuve (882 ha) et Banacomé (711 ha), localisés, respectivement, dans les régions des Grand-Ponts, de l'Agneby-Tiassa, de la Mé. Le programme annuel d'application avec les triazoles de ces différentes plantations de 2000 à 2010 était de sept applications avec une prédominance du Propiconazole (Tableau 2) Un quatrième échantillonnage a été effectué sur des plantations paysannes jamais traitées pour servir de témoin.

Dans ces plantations, des échantillons de feuilles encore vivantes et, portant des lésions de stades 3 et 4, bien isolées, les unes des autres, ont été prélevés en avril 2013 et en avril 2014. Les prélèvements ont été réalisés sur 30 bananiers par plantation déterminés sur une surface de référence de 2 à 4 ha. Sur ces bananiers, les fragments de limbes, de dimension 15cm x 25cm prélevés, doivent avoir des lésions les plus larges possible (1cm x 2cm au minimum) pour être découpées individuellement et analysées séparément.

Préparation des milieux de culture

Les milieux de culture utilisés sont des substrats gélosés contenant des fongicides. Leur préparation s'est effectuée en deux étapes. Le milieu gélosé a été d'abord préparé. Elle a été utilisée à 2 % pour un échantillon à analyser, soit 2 g d'Agar pour 100 ml d'eau distillée. Ce mélange a été stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 20 min, sous une pression de 1 bar. Ensuite, le propiconazole, le diféconazole et l'époxiconazole ont été préparés sous forme de solution mère à 1000 ppm puis distribués dans la gélose pure à différentes concentrations, 0 ; 0,03 ; 0,1 ; 0,3 et 1 mg/l. Les milieux ainsi amendés ont été distribués dans des boîtes de Pétri, à raison de 12 ml par boîte de Pétri. Pour un échantillon à analyser, 2 boîtes de Pétri ont été utilisées pour chaque concentration.

Isolement des souches

Toutes les souches sont issues d'isolement monoconidien ; leur effectif est de 96 unités par zone de production. La première étape a été de s'assurer de la présence de conidies sur les fragments foliaires. Pour cela, quelques lésions ont été découpées individuellement et mises en contact direct sur les milieux de culture contenus dans des boîtes de Pétri témoin (0 mg/l) puis retirées aussitôt. La présence des conidies, ainsi piégées a pu être

vérifiée à l'aide d'un microscope. Si la présence de conidies est confirmée, alors les lésions issues de ces fragments sont sélectionnées pour être mis en culture. Après la phase de vérification, par le même procédé, les lésions des fragments sélectionnés étaient découpées et mis en contact direct avec les milieux de culture amendés aux différentes concentrations des fongicides. Trois boîtes de Pétri divisées en 32 segments à la base à l'aide d'un stylo indélébile ont été utilisées pour chaque zone de production. Dans chaque segment, des conidies ont été isolées et les boîtes Pétri sont mises en incubation pendant 48 heures, à une température de 25 °C.

Évaluation de la sensibilité aux fongicides

Elle a consisté à mesurer la longueur du tube germinatif des conidies. Le pourcentage d'inhibition (% Inhibition) de la croissance du tube germinatif, en présence de chaque fongicide, est calculé comparativement aux mesures des témoins sans fongicide, selon la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Lm} (T0) - \text{Lm} (Tx)}{\text{Lm} (T0)} \times 100$$

Lm (T0) : Longueur moyenne sur milieu témoin

Lm (Tx) : Longueur moyenne sur milieu amendé aux différentes concentrations

La distribution en classe d'inhibition de croissance à la dose discriminante de 0,1 mg/l a été estimée graphiquement pour apprécier le shift de la sensibilité des souches entre les deux périodes de l'étude.

La relation entre le logarithme de la concentration en matière active et le taux d'inhibition a permis de calculer les concentrations en matières actives entraînant 50 % et 90% de réduction de croissance du tube germinatif par rapport au témoin (CI50) et (CI 90).

Les analyses statistiques des données ont été réalisées avec le logiciel STATISTICAT 7.1. Des analyses de variance ont été effectuées pour évaluer l'effet des fongicides. Le test de Newman Keuls a permis de comparer les valeurs moyennes des CI 50 et CI 90 au risque α de 5 % et de classer les traitements.

RESULTATS

Sensibilité des conidies pour les prélèvements d'avril 2013

Dans les plantations qui avaient régulièrement subi des applications de fongicides, les Pourcentages

d'inhibition de croissance des tubes germinatifs ont varié en fonction des matières actives et des zones de production. Les pourcentages d'inhibition les plus élevés ont été observés pour les différentes concentrations du difénoconazole. En effet, à la dose discriminante de 0,1 mg/l, le pourcentage d'inhibition était de 72,6%, 70,8%, et 74,7% respectivement pour la zone de production de Grand Niekty, Grand Fleuve et Banacoméo (figure

1). A cette même dose, pour l'époxiconazole, les souches étaient inhibées à des moyenne de 63,1%, 50,8% et 45,3% respectivement pour les zones de production de Grand Niekty, Grand Fleuve et Banacoméo pendant que les pourcentages d'inhibition observé avec le propiconazole est de 52,2% (Grand Niekty), 59,1% (Grand Fleuve) et 65,2% (Banacoméo).

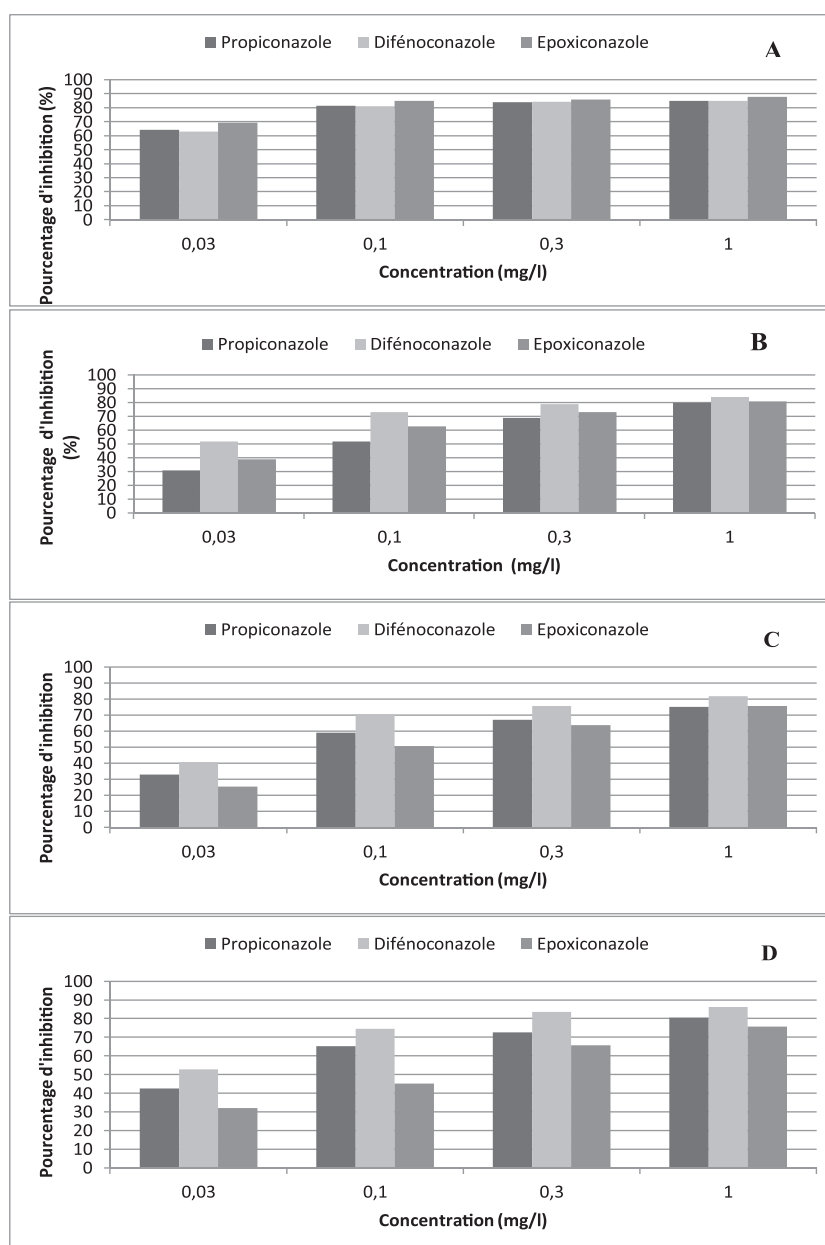


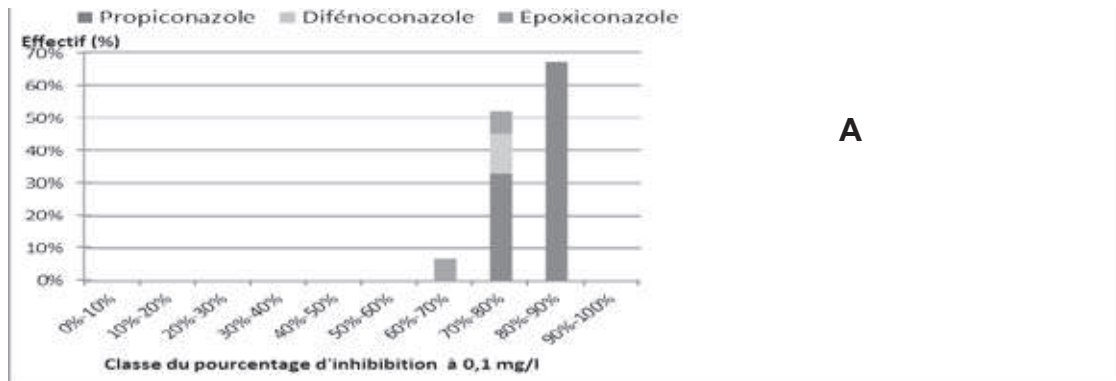
Figure 1 : Pourcentage d'inhibition de la croissance des tubes germinatifs de *M. fijiensis* à différentes matières actives de triazole (A) dans les plantations paysannes jamais traitées, et dans les plantations industrielles traitées (B) : Grand Niekty ; (C) : Grand Fleuve ; (D) : Banacoméo (Avril 2013)

*Inhibition percentage of the growth of germ tubes of *M. fijiensis* to triazole different active ingredients (A) in peasant plantations never treated, and the treated industrial plantations (B) : Grand Niekty; (C) : Grand Fleuve; (D) : Banacoméo (April 2013)*

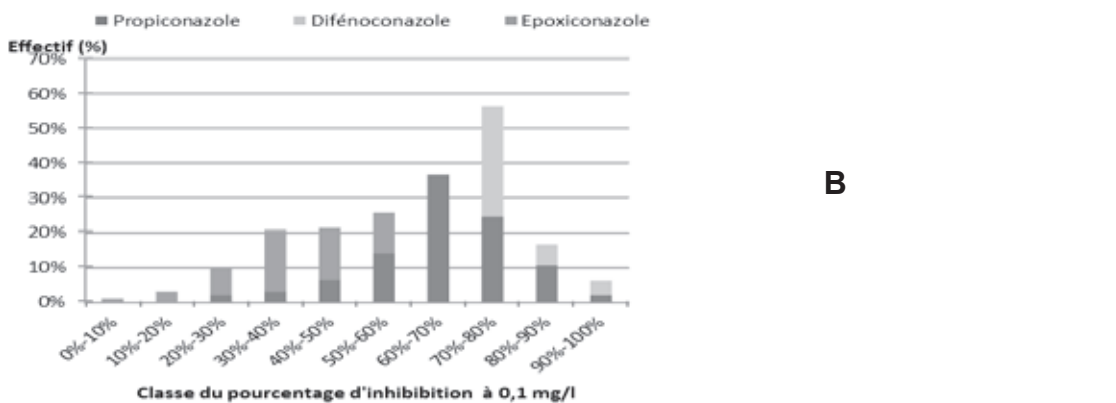
Dans les plantations paysannes, jamais traitées, les valeurs d'inhibition ont largement été supérieures à 50%, ce qui traduit une bonne efficacité de ces fongicides sur le développement du champignon. En effet, à la dose discriminante, les taux d'inhibition étaient, respectivement, de 81,6% pour le propiconazole, 81,1% pour le difénoconazole et de 84,8% pour l'époxiconazole.

Les mesures de sensibilité des souches de *M.*

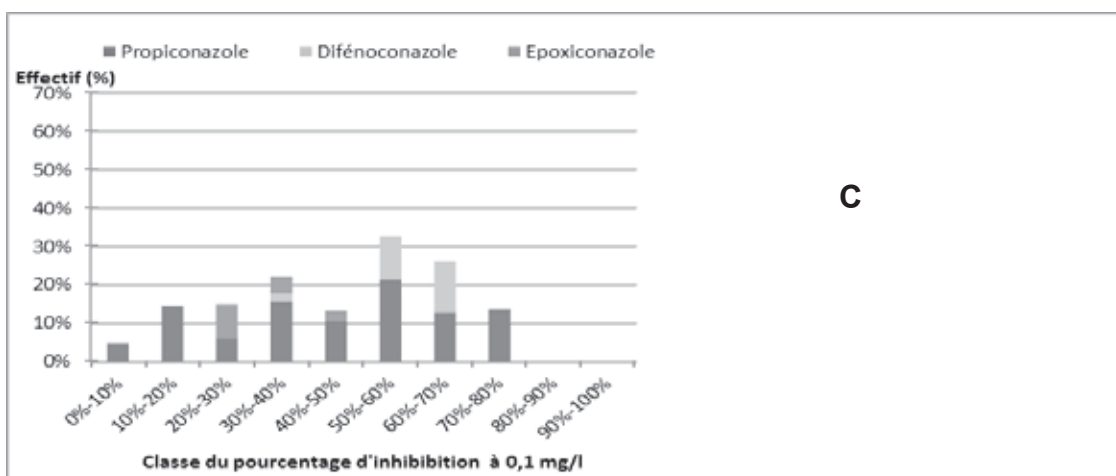
fijiensis aux différents fongicides comparativement aux souches des plantations paysannes ont été résumées à la figure 2. Il ressort de l'analyse de la distribution des pourcentages d'inhibition que les souches des plantations paysannes sont toutes sensibles au propiconazole, au difénoconazole, et à l'époxiconazole. Cette distribution est bimodale (70 %-80% et 80% - 90%) avec un effectif de 100% des souches inhibées quelle que soit la matière active du triazole.



A



B



C

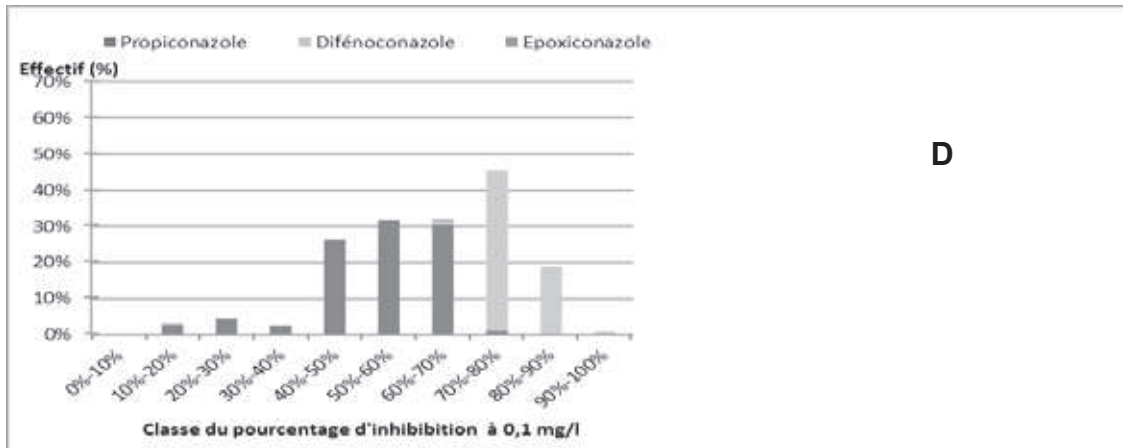


Figure 2 : Distribution des valeurs du pourcentage d'inhibition des tubes germinatifs à la dose discriminante de 0,1 mg/l, (A) : de la plantation Paysanne sans application fongicide, (B) : Grand Nieky, (C) : Grand fleuve, (D) : Banacomôé (Avril 2013)

Distribution of germ tube inhibition percentage values to the discriminating dose of 0.1 mg/l, (A): in peasant plantations never treated, and the treated industrial plantations, (B): Grand Nieky, (C): Grand Fleuve; (D): Banacomôé (April 2013)

Une dérive de la sensibilité au propiconazole a été observée chez les souches provenant de Grand Nieky. L'étalement de la distribution est réparti sur sept classes comprises entre 10 % et 70%, et la valeur modale de 32% a été observée dans la classe de 50% à 60%. Par contre les souches se sont révélées plus sensibles au difénoconazole et à l'époxiconazole. En effet, pour ces deux molécules, la valeur modale des effectifs, respectivement, de 45% et 35%, sont comprises dans la classe de 70%-80%.

Les souches de Grand Fleuve ont une même sensibilité aux trois triazoles, avec des pourcentages d'inhibition distribués dans la quasi-totalité des classes allant de 0%-10% à 70%-80%. Les valeurs modales sont toutes comprises dans la classe 50%-60%. Elles sont respectivement de 21% ; 33% ; et 32% pour le propiconazole, le difénoconazole et l'époxiconazole.

A Banacomôé, la distribution des souches a montré une moindre activité inhibitrice des souches à l'époxiconazole par rapport au propiconazole et au difénoconazole. La plus forte sensibilité des souches a été observée avec le difénoconazole dans cette zone de production, avec une amplitude de 56% des effectifs inhibés à un taux supérieur à 70%.

La comparaison des valeurs des CI50 a montré effectivement qu'une variabilité parmi les 96 souches testées aux différents fongicides de triazoles est observée (Tableau III). Les populations des plantations de Grand Nieky sont significativement moins sensibles au propiconazole qu'au difénoconazole et à l'époxiconazole. Il existe aussi une différence significative de sensibilité de cette population à l'époxiconazole et au difénoconazole.

La variabilité de sensibilité des populations, provenant de Grand fleuve, aux 3 fongicides, n'a pas été significative au seuil de 5% (Tableau 2).

A Banacomôé, la CI50 de l'époxiconazole a révélé une différence significative entre cette matière active et les 2 autres que sont le propiconazole et le difénoconazole. Ces observations confirment notre analyse de la distribution des concentrations d'inhibition (Figure 2).

Les analyses de la CI90 ont indiqué par contre, que pour toutes les zones de production, la variabilité de la sensibilité des différentes matières actives n'était pas significative (Tableau 3).

Tableau 2 : Historiques des applications de triazole
Historical triazole applications

Zone de Production	Régions	Variété	Cumul des applications de triazole de 2000 à 2012	Principaux triazoles employés (seuls ou en association)
Grand Nieké	Grand Ponts	Grande naine	76	Propiconazole (79%) Tébuconazole (3%) Difénoconazole (14%) Epoconazole (4%)
Grand Fleuve	Agneby -Tiassa	Grande naine	101	Propiconazole (80%) Tébuconazole (2%) Difénoconazole (17%) Epoconazole (1%)
Banacomomé	Mé	Grande naine	74	Propiconazole (81%) Tébuconazole (9%) Difénoconazole (8%) Epoconazole (1%)

Tableau 3 : Comparaison de la sensibilité au triazole des populations de *M. fijiensis* issues de 3 zones de production industrielles (avril 2013)

Comparison of sensitivity to triazole of M. fijiensis populations from 3 industrial production areas (April 2013)

Zone de Production	Matière active	CI 50	CI 90	R2
Grand Nieké	Difénoconazole	0,02 a	1,23 a	0,88
	Epoconazole	0,06 ab	1,40 a	0,91
	Propiconazole	0,10 b	1,47 a	0,97
Grand Fleuve	Difénoconazole	0,03 a	0,77 a	0,82
	Epoconazole	0,10 a	2,44 a	0,95
	Propiconazole	0,15 a	2,62 a	0,90
Banacomomé	Difénoconazole	0,02 a	0,80 a	0,88
	Propiconazole	0,04 a	1,44 a	0,91
	Epoconazole	0,13 b	2,34 a	0,88

Les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de 5 % (test de de Newman-Keuls).

Sensibilité des conidies pour les prélèvements d'avril 2014

Le niveau de sensibilité des souches testées au propiconazole a augmenté à Grand Nieké. Le pourcentage d'inhibition à 0,1 mg/l est passé de 52,2% à 64,5%. A Grand fleuve, le pourcentage d'inhibition évalué était de 58,9% contre 59,1% en 2013. Par contre, une baisse du pourcentage d'inhibition a été observée chez les souches issues de Banacomomé par rapport au prélèvement de

2013. Soixante (60) % des tubes germinatifs ont été inhibés contre 65,2% en 2013.

Le difénoconazole présente les pourcentages d'inhibition les plus élevés dans les trois zones étudiées. Il est de 73,2%, 79,2% et 74,1% respectivement pour Grand Nieké, Grand fleuve, et Banacomomé (Figure 3). Ces résultats sont semblables à ceux de 2013 qui sont respectivement de 72,6% ; 70,8% et 74,1% pour Grand Nieké, Grand fleuve, et Banacomomé.

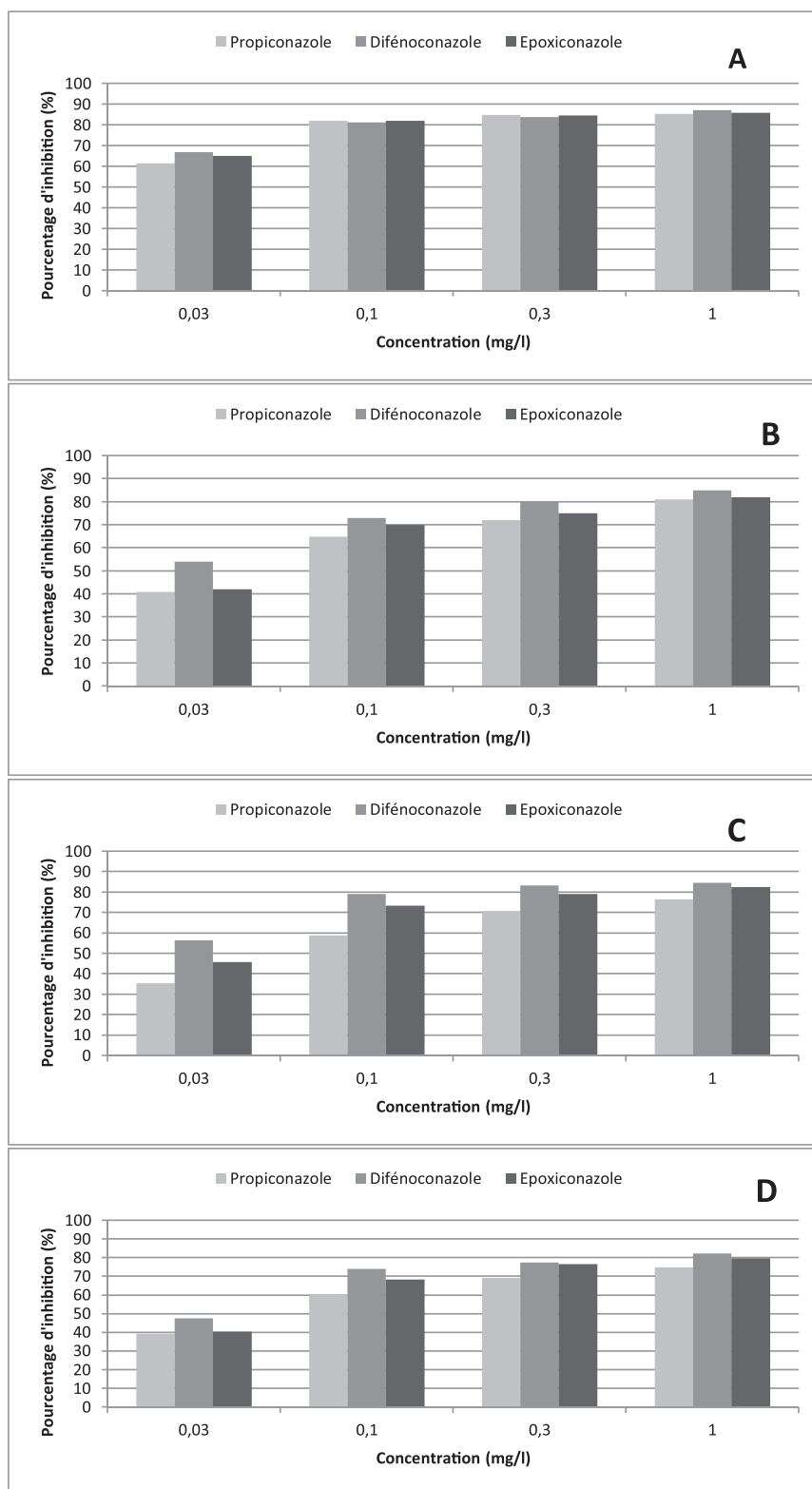


Figure 3 : Pourcentage d'inhibition de la croissance des tubes germinatifs de *M. fijiensis* à différentes matières actives de triazole : (A) dans la plantation paysannes jamais traitée, et dans les plantations industrielles traitées (B) : Grand Nieké ; (C) : Grand Fleuve ; (D) : Banacomôé (avril 2014)

Inhibition percentage of the growth of germ tubes of M. fijiensis to triazole different active ingredients: (A) in peasant plantations never treated, and the treated industrial plantations (B): Grand Nieké; (C): Grand Fleuve; (D): Banacomôé (April 2014)

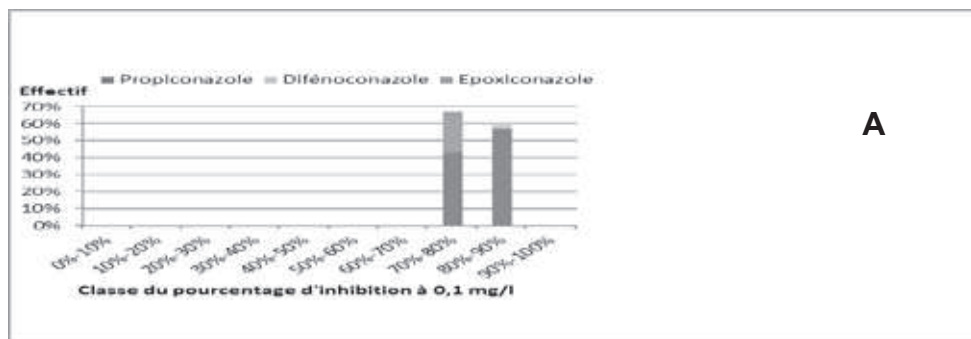
Les souches provenant des plantations paysannes, ont toutes été sensibles aux 3 matières actives. La distribution bimodale comprise entre la classe de 70%-80% et 80-90% indique que toutes les souches sont inhibées à un taux supérieur à 70% (figure 4A).

comprise dans la classe de 60%-70% (figure 4B).

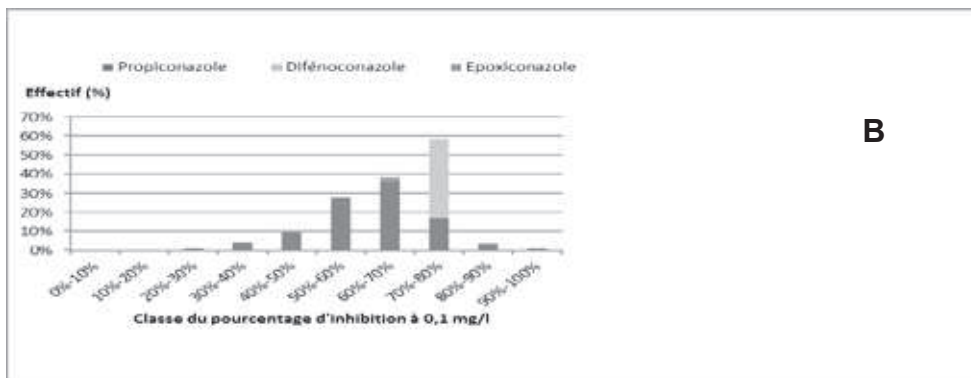
A Grand fleuve, l'étalement de la distribution des souches au propiconazole a indiqué sa faible action inhibitrice par rapport au difénoconazole et à l'époxiconazole. En effet, les souches sont majoritairement réparties dans la classe allant de 20% à 80% (figure 4C).

ABanacoméo, c'est le difénoconazole qui a présenté une forte action inhibitrice sur la germination des tubes germinatifs des souches testées. L'intervalle de la distribution des pourcentages d'inhibition étant situé entre 60%-90% (figure 4D).

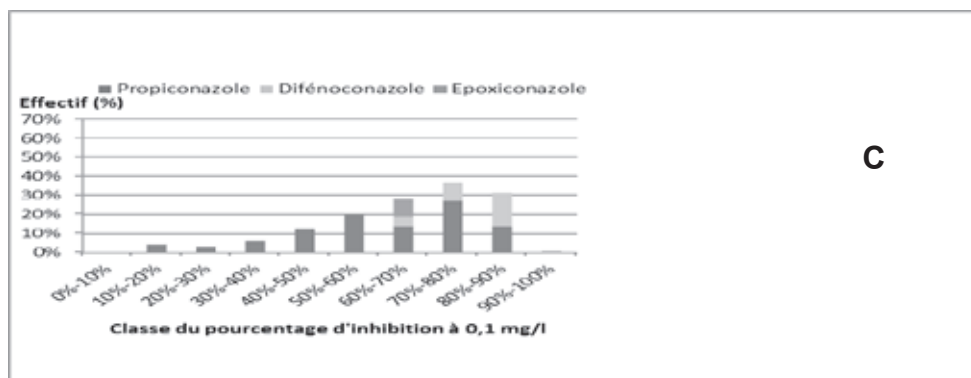
A Grand Niéky, la distribution des pourcentages d'inhibition à 0,1mg/l, a montré une meilleure action fongistatique du difénoconazole par rapport au propiconazole et à l'époxiconazole. On observe une classe modale de 58% des souches inhibées située dans la classe de 70%-80%, pendant que pour le propiconazole et l'époxiconazole, l'amplitude des effectifs évaluée est inférieure à 40%. Elle est



A



B



C

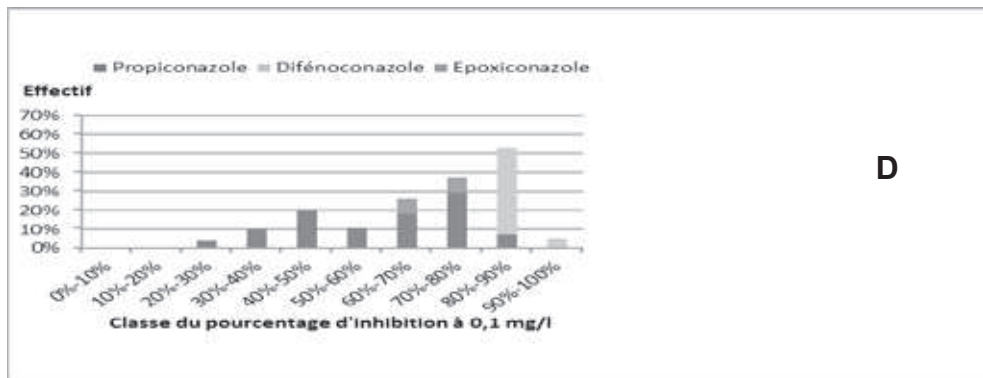


Figure 4 : Distribution des valeurs du pourcentage d'inhibition des tubes germinatifs à la dose discriminante de 0,1 mg/l : (A) de la plantation Paysanne sans application fongicide, (B) Grand Nieky, (C) Grand fleuve, (D) Banacomoé (avril 2014)

Distribution of germ tube inhibition percentage values to the discriminating dose of 0.1 mg/l: (A) in peasant plantations never treated, and the treated industrial plantations (B): Grand Nieky; (C): Grand Fleuve; (D): Banacomoé (April 2014)

La distribution des pourcentages d'inhibition des souches de *M. fijiensis*, collectées en avril 2014, dans les plantations industrielles traitées, comparées à celle d'avril 2013 a indiqué un déplacement de la sensibilité vers des proportions élevées.

L'analyse des variances des CI 50 et des CI 90 (Tableau 4) a conforté la variabilité observée au niveau de la distribution des souches en classe de pourcentage d'inhibition de croissance pour la période d'avril 2014. A Grand Nieky, une différence significative de la CI 50 est observée entre le difénoconazole et les deux autres matières actives, indiquant une meilleure sensibilité des

souches au difénoconazole. A Grand fleuve, il n'y a pas eu de différence significative entre le difénoconazole et l'époxiconazole, même si les souches ont significativement été moins sensibles au propiconazole. A Banacomoé, les souches sont restées, significativement, plus sensibles au difénoconazole qu'au propiconazole et à l'époxiconazole.

La comparaison des moyennes des CI 90 a montré que la variabilité de sensibilité n'était pas significative lorsque les souches étaient inhibées à de fortes concentrations (supérieure à 0,7 mg/l) des différentes matières actives étudiées (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison de la sensibilité au Triazole des populations de *M. fijiensis* issues de 3 zones de production industrielles (avril 2014.)

*Comparison of sensitivity to triazole of *M. fijiensis* populations from 3 industrial production areas (April 2014)*

Zone de Production	Matière active	CI 50	CI 90	R2
Grand Nieky	Difénoconazole	0,02b	1,05a	0,90
	Epoxiconazole	0,04a	1,06a	0,86
	Propiconazole	0,05a	1,48a	0,92
Grand Fleuve	Difénoconazole	0,01a	0,76a	0,76
	Epoxiconazole	0,04a	0,88a	0,80
	Propiconazole	0,08b	1,95a	0,89
Banacomoé	Difénoconazole	0,03b	0,93a	0,81
	Epoxiconazole	0,06a	3,19a	0,92

Les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de 5 % (test de de Newman-Keuls).

DISCUSSION

Dans la présente étude, la comparaison de la sensibilité des populations des *M. fijiensis* aux triazoles, des souches issues des parcelles paysannes et celles échantillonnées dans les plantations industrielles, a indiqué clairement une différence d'activités de ces fongicides. Les pourcentages d'inhibition les plus élevés s'observent chez toutes les populations traitées au difénoconazole issues des plantations industrielles. Le propiconazole et l'époxiconazole indiquent des taux de réduction qui diffèrent en fonction des zones de production industrielles. Les travaux de Koné et al., (2009) ont montré que des taux de réduction de la croissance mycélienne des parasites fongiques du bananier étaient variables en fonction des substances actives et des espèces considérées.

La variabilité de la sensibilité des souches de *M. fijiensis* testée aux différentes matières actives au cours de notre étude semble être en relation avec le nombre de traitements effectués avec ces matières dans leurs plantations d'origine. Ces résultats montrent un déplacement significatif de la sensibilité des populations de *M. fijiensis* issues des plantations industrielles. Dans notre étude, la population des souches jamais traitées présente une distribution unimodale ; la pression de sélection exercée par les traitements fongicides provoque une diminution graduelle de la sensibilité des populations (Wolfe, 1982 ; Parisi et al., 1994), ce qui s'exprime par l'étalement de la distribution de ces populations. D'une manière générale, l'évolution progressive vers les moindres sensibilités s'observe beaucoup plus pour les populations testées au propiconazole. En effet, selon la DAREC(2006), les programmes de traitements de la dernière décennie avant nos échantillonnages, des plantations industrielles, étaient presque exclusivement basés sur l'usage du propiconazole seul (80%). Dès 2005, des pertes de sensibilité au propiconazole à Banacomoé avaient déjà été décelées (N'guessan, 2008), avec des taux d'inhibition de 46% à 0,1 ppm et une CI 50 qui était de 0,107 ppm. Essis et al., (2010) ont mis en évidence des cas de résistance des populations de *M. fijiensis* de la zone de production d'Aboisso. Le pourcentage d'inhibition était de 43%. A partir de ces différents constats, l'efficacité de cette matière active avait été mise en cause dans ces zones. Des mesures de vigilances avaient été recommandées afin d'éviter la situation observée au Cameroun par Fourné en 1989. En effet, cet auteur a trouvé des spores présentant des germinations de type normal sur des milieux amendés au propiconazole avec des fréquences élevées. Cette situation a entraîné

l'augmentation du nombre de traitements qui est passé de 12 - 14 applications par an de fongicides systémiques à 40 - 50 traitements des fongicides de contact en 2005, avec tous les risques de pollution environnementales possibles (Essouh et al., 2006).

L'analyse des comparaisons des CI50 a révélé qu'au sein d'une même plantation, les souches en présence peuvent être à la fois résistantes et sensibles, et que les niveaux de résistance varient d'une localité à une autre et est fonction des matières actives au sein d'une même famille de fongicides. Des variabilités de sensibilité au tébuconazole, à l'époxiconazole et propiconazole ont été observées également dans différentes plantations industrielles du Cameroun (Onautshu, 2013).

Le déterminisme polygénique de la résistance aux IDM a été mis en évidence chez d'autres champignons, dont *Erisiphe graminis* f sp *hordei* (Leroux, 1991). Leroux et al., (2007) ont montré également que chez *M. graminicola*, la résistance aux fongicides appartenant à la classe des inhibiteurs du stérol 14 α -déméthylase (IDM) était associée à différentes mutations sur le gène CYP51 codant pour la 14 α -déméthylase. Ce type de mutation sur le gène CYP51 conférant les variations de sensibilité aux inhibiteurs de déméthylation (IDM) a également été signalé par Zhonghua et Michailides (2005) et aussi par Cools et al., (2006) pour *Mycosphaerella graminicola*. Par contre, Gisi et al., (2000) ont signalé que les différences de sensibilité des souches pourraient s'expliquer par des différences d'activités intrinsèques des principes actifs.

L'analyse du gène CYP51 chez *M. fijiensis* a permis de savoir que six mutations étaient associées à différents degrés de sensibilité *in vitro* au propiconazole (Canãs-Gutiérrez et al., 2009). Ces chercheurs ont trouvé plusieurs modifications de la séquence du gène codant pour la stérol 14- α -déméthylase qui ont été décrits déjà chez d'autres champignons comme étant en corrélation avec la résistance aux fongicides appartenant au groupe chimique de triazoles.

CONCLUSION

Cette étude a permis de situer le niveau de sensibilité des souches de *Mycosphaerella fijiensis* au propiconazole, au difénoconazole et à l'époxiconazole dans les bananeraies industrielles. Il en ressort, qu'il existe une variabilité de sensibilité des populations de *M. fijiensis* soumis à différentes matières actives au sein d'une même plantation

et zone de production. L'utilisation intensive des fongicides en générale, et particulièrement des triazoles, constituent la cause des pertes de sensibilité.

Dans cette étude, une meilleure efficacité au laboratoire est observée avec le difénoconazole dans toutes les plantations industrielles échantillonnées de la Côte d'Ivoire. Une dérive de la sensibilité des souches au propiconazole est beaucoup plus visible quelle que soit la période de prélèvement. Des stratégies excluant l'utilisation du propiconazole doivent être mises en place le plus tôt possible. L'époxiconazole peut être introduit dans les stratégies de traitement de la zone de production de Grand fleuve en alternance avec le difénoconazole. Néanmoins, des travaux supplémentaires sont nécessaires pour confirmer, en plein champ, les effets de ces 3 matières actives sur les paramètres phytopathologiques de la maladie des raies noires.

REFERENCES

- Aby N., Kébé M., Kobéna K. et Gnonhoui P., 2008 : Recherche de souches locales de champignons parasites des charançons du bananier dans les principaux bassins de production de banane dessert en Côte d'Ivoire, Avril- Septembre 2008. Premier rapport d'étape Projet FIRCA/ CNRA, Décembre 2008. 22p.
- Canás-Gutiérrez, P.G., Angarita-Velásquez, M.J., Restrepo-Flórez, J.M., Rodríguez, P., Moreno, C.X and Arango, R., 2009. Analysis of the CYP51 gene and encoded protein in propiconazole-resistant isolates of *Mycosphaerella fijiensis*. *Pest ManagSci* ; 65 :892-899.
- Cools, H.J., Fraaije, B.A., Kim, S.H., Lucas, J.A., 2006. Impact of changes in the target P450 CYP51 enzyme associated with altered triazolesensitivity in fungal pathogens of cereal crops. 8th international symposium on cytochrome P450 biodiversity and biotechnology. *Biochemical Society Transactions* 34, Part 6, 1219-1222.
- DAREC, 2006. Direction Agronomique, de Recherche et de Contrôle de la qualité de la SCB
- De Lapeyre de Bellaire L, Abadie C., Carlier J., Ngando J., Gert H. 2010 Les cercosporioses des bananiers (*Mycosphaerella spp*) : vers une lutte intégrée. De la Théorie à la Pratique : ENDURE Étude de Cas sur la Banane – Guide Numéro 2
- Essis, B., Kobenan, K., Traoré, S., Koné, D. et 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) : 882-833.
- N'gando J., De Lapeyre De Bellaire L., Fouré E., 2006. La lutte chimique raisonnée contre la maladie des raies noires des bananiers au Cameroun : évolution de la résistance des fongicides. In 8ème Conférence Internationale sur les maladies des plantes. 8, 2006-12-05/2006-12-06,
- FAOSTAT., 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations.<http://faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx?pageid=567#anco>
- FAOSTAT, (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat3.fao.org/home/index_fr.html?locale=fr#DOWNLOAD
- FIRCA, Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole. 2014; Bulletin d'information n° 13 du 1er trimestre 2014. 5p.
- Fullerton R.A et Olsen T., 1991. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. In: *Banana diseases in Asia and the Pacific*. Proceedings of a regional technical meeting on diseases affecting banana and plantain in Asia and Pacific. INIBAP-ASPNET Book Series N°3: pp.105-114
- Fouré, E., 1989. Stratégie de lutte chimique contre la cercosporiose noire des bananiers au Cameroun. Efficacités comparées de différentes molécules fongicides. Stratégie d'alternance. In : Fullerton, R.A et Stover, R.H (eds). *Sigatoka leaf spot diseases of Bananas*, Proceeding of an international workshop, San José, Costa Rica, 28 mars- 1er avril 1989 , pp.135-158.

- Gisi, U., Chin, K.M., Knapova, G., Färber, K.R., Mohr, U., Parisi, S., Sierotzki, H., Steinfeld, U., 2000. Recent developments in elucidating modes of resistance to phenylamide, DMI and strobilurin fungicides. *Crop Protection* 19, 863-872.
- Kernot I .R., 1998. Tropical Banan Information Kit, Agrilinkseries ; your growing guide to better farming. Queensland Horticulture Institute, Department of Primary Industries, Queensland.
- Koné, D., Badou, O.J., Bomisso, E.L., Camara, B., Aké, S., 2008. Activité in vitro de différents fongicides sur la croissance chez *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Staver et Dickson, *Cladosporium musae* Morelet et *Deightonella torulosa* (Syd.) Ellis, parasites isolés de la phyllosphère des bananiers en Côte d'Ivoire. *C.R. Biologies* 332: 448-455.
- Leroux, P., Albertini, C., Gautier, A., Gredt, M., Walker A.S., 2007. Mutations in the CYP51 gene correlated with changes in sensitivity to sterol 14 α -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Management Science* 63: 688-698.
- Mavroei, V.I., Shaw, M.W., 2004. Sensitivity distributions and crossresistance patterns of *Mycosphaerella graminicola* to fluquinconazole, prochloraz and azoxystrobin over a period of 9 years. *Crop Protection* 24: 259-266.
- Mouliom-Pefoura A., 1999. First observation of the breakdown of high resistance in « Yangambi km 5 » (*Musa sp.*) to the black leaf streak disease in Cameroon. *Plant Disease*, 83 (1):76- 78
- N'Guessan P., 2008. Sensibilité de *Mycosphaerella spp.*, agents des cercosporioses du bananier, aux Benzimidazoles et aux Triazoles, fongicides utilisés dans les plantations industrielles de la SCB en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët –Boigny, Abidjan. 49p
- Onautshu O., 2013. Caractérisation des populations de *Mycosphaerella fijiensis* et épidémiologie de la cercosporiose noire du bananier (*Musa spp.*) dans la région de Kisangani (RDC). Thèse d'état en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Laboratoire de culture in vitro, Amélioration des plantes et biotechnologie, B- 2012 Kisangani, RDCongo. 309p
- Parisi L., Guillaumès J., Wuster G. (1991) Résistance de *Venturia inaequalis* aux fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols : détection et caractérisation des souches en 1989 et 1990. *Maladies des plantes, journées d'étude ANPP. 2* : 853-862
- Wolfe MS, 1982 Dynamics of the pathogen population caused by resistance to fungicides. In : *Fungicide Resistance in Crop protection* (Dekker J, Georgopoulos SG, eds), Pudoc, Wageningen, Pays bas: pp 139-148.
- Zhonghua, M., Michailides, T.J., 2005. Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi. *Crop Protection*. 24: 853-863.