



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Efficacité des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC contre *Colletotrichum gloeosporioides* agent causal de l'antracnose de l'anacardier au Bénin

Dénis TONON¹, Rachidatou SIKIROU^{1*}, Aristide Cossi ADOMOU², Valérien ZINSOU³,
Bruno ZOCLI¹, Kouami N'DJOLOSSE⁴ et Saliou BELLO⁴

¹ Laboratoire de Défense des Cultures, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou, Bénin.

² Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 4521 Cotonou, Bénin.

³ Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Bénin.

⁴ Centre de Recherche Agricole Centre, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 112, Savè, Bénin.

* Auteur correspondant ; E-mail: rachidatous@yahoo.fr, Tel : +229 97882620

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles (CORAF/WECARD) pour avoir financé cette étude.

RESUME

L'antracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides* est la maladie la plus redoutable de l'anacardier au Bénin. L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC contre l'antracnose de l'anacardier. Au laboratoire, les milieux PDA sans fongicide, additionnés de Mancozèbe 80 WP et additionnés de Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC ensemencés et rangés dans un dispositif complètement aléatoire à trois répétitions étaient utilisés. Au champ, les trois variantes suivantes: arbres témoins non traités, arbres traités avec Mancozèbe 80 WP et arbres traités avec Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC étaient installées à Zounguè et à Gomé (Centre Bénin) dans un dispositif de bloc aléatoire complet à trois répétitions. Au laboratoire, les deux fongicides ont inhibé à 100% la croissance mycélienne, la germination et la production des spores de *C. gloeosporioides*. Au champ, sur le site de Zounguè, Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC avaient réduit l'incidence de l'antracnose respectivement de 86% et 81% et sa sévérité de 90,4% et 87,7%. Sur celui de Gomé, les deux fongicides avaient réduit l'incidence de 98% et la sévérité respectivement de 97,3% pour Mancozèbe 80 WP et de 89,7% pour Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC. Les fongicides testés sont révélés efficaces contre l'antracnose de l'anacardier.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Anacardier, fongicides, *Colletotrichum gloeosporioides*, méthode de lutte, Bénin.

Efficacy of fungicides Mancozeb 80 WP and Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC against *Colletotrichum gloeosporioides* incitant of anthracnose of cashew in Benin

ABSTRACT

The anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* is the most important disease of cashew in Benin. The objective of this study is to test the effectiveness of the fungicides Mancozeb 80 WP and Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC on anthracnose of cashew. In the laboratory, the media PDA (Potato Dextrose Agar) without fungicide, supplemented with Mancozeb 80 WP and supplemented with Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC inoculated and arranged in a completely randomized design with three replications were used. In the field, at Zoungouè and Gomé three variants: untreated control trees, trees treated with Mancozeb 80 WP and trees treated with Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC installed in a randomized complete block design with three replicates were considered. In the laboratory, both fungicides have 100% inhibited mycelial growth, germination and production of spores of *C. gloeosporioides*. On the site of Zoungouè, Mancozeb 80 WP and Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC reduced the incidence of anthracnose by 86% and 81% and its severity by 90.4% and 87.7%, respectively. On that of Gomé, both fungicides reduced the incidence by 98% and the severity by 97.3% for Mancozeb 80 WP and 89.7% for Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC, respectively. The tested fungicides are shown to be effective against the anthracnose of cashew.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cashew, fungicides, *Colletotrichum gloeosporioides*, control method, Benin.

INTRODUCTION

La production mondiale des noix d'anacarde se chiffre à 1,178 million de tonnes en 2002 (Dansi, 2003). Elle était obtenue sur une superficie d'environ 7,5 millions d'hectares dans plus de 32 pays et confère à la culture la première place en matière de production de noix dans le monde (FAO, 2004). L'anacardier est de nos jours une culture de rente en plein développement et ses noix représentent pour l'Afrique une opportunité d'exportation (Dedehou et al., 2015). Au Bénin, sa production qui était de 117.494 tonnes en 2009 (Tandjiékpon, 2009) est passée au bout de cinq ans à 176654,244 tonnes (FAO, 2014) et classe le pays au cinquième rang parmi les exportateurs de noix brute d'anacarde sur le plan mondial (Adégbola et Crinot, 2016). Les noix d'anacarde produites au Bénin font aussi l'objet de transformation locale. Ainsi, par an, environ 1.800 tonnes de noix sont transformées par les industries artisanales et modernes (Tandjiékpon, 2010). La pomme du fruit de l'anacarde (pomme de cajou) dont la production avoisine 600.000 tonnes par an

(Tandjiékpon et al., 2003), autrefois négligée et jetée, est aujourd'hui partiellement transformée en alcool alimentaire et en jus de fruit (Adégbola et Crinot, 2016). Ainsi, la noix d'anacarde représente un produit stratégique pour l'économie béninoise. La filière anacarde a contribué à 24,87% au revenu agricole d'exportation et à 7% au PIB agricole en 2008 (ICA, 2010).

L'amande de cajou est très riche en acide oléique, linoléique et en phytostérols, qui sont des acides gras mono-insaturés. Elle contient de nombreux oligo-éléments tels que le magnésium, le cuivre, le phosphore, le zinc, le calcium, le fer, le sélénium et les vitamines B, B₁, B₂, B₆, D, E et K.

Au plan environnemental, l'anacardier est utilisé pour lutter contre l'érosion et permet de reconstituer très rapidement les espaces agricoles dégradés par la culture extensive du coton et d'autres spéculations agricoles (Aïvodji et Anassidé, 2009). Sa culture occupe aujourd'hui plus de 122.911 personnes au Bénin (Adégbola et Crinot, 2016)

Malgré son importance sur le plan nutritionnel, social, économique et environnemental (Tandjiékpon et al., 2003), plusieurs contraintes réduisent considérablement le rendement moyen des arbres en noix cajou qui est de 3 à 6 kg/arbre. Il reste faible comparé aux 10 à 15 kg/arbre obtenus dans les grands pays producteurs comme l'Inde, le Vietnam, le Brésil et la Tanzanie (Kiwuso et al., 2013; Tandjiékpon, 2010). Conséquemment, les lourds investissements consentis lors de l'installation et de l'entretien des plantations restent peu rentables. De nombreuses raisons expliquent cette faible production dont entre autres l'antracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides*. C'est la plus importante maladie de l'anacarde au Bénin avec plus de 90,9% de plants atteints par exemple dans la commune de savè (Afouda et al., 2013). Malheureusement, très peu de données sont disponibles pour la gestion des maladies de l'anacardier en général et de l'antracnose en particulier. Ainsi au Mozambique, Uaciquete et al. (2010) ont montré que les fongicides à base d'oxychlorure de cuivre, de triadimenol, d'hexaconazole et de trifloxystrobine ont été efficaces contre l'antracnose, la pestalotiose, la fusariose et *Cryptosporiopsis* sp.. En Côte d'Ivoire, Soro et N'Da (2014) ont sélectionné des variétés résistantes de l'anacardier à l'antracnose. Au Bénin, seul l'inventaire des maladies a été effectué par Afouda et al. (2013).

C'est pour répondre aux préoccupations des producteurs face à l'antracnose de l'anacardier à travers la réduction de la sévérité de la maladie que cette étude s'est proposée de tester l'effet des fongicides Mancozèbe 80 W et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur le développement mycélien de *C. gloeosporioides in vitro* et celui de l'antracnose sur les plants d'anacardier au champ.

MATERIELS ET METHODES

L'agent pathogène

Quinze isolats de *Colletotrichum gloeosporioides* (Cglcdc1G, Cglcdc2G, Cglcdc3G, Cglcdc4G, Cglcdc5G, Cglcdc6G, Cglcdc7G, Cglcdc8G, Cglcdc9G, Cglcdc10G,

Cglcdc1S, Cglcdc2S, Cglcdc3S, Cglcdc4S, Cglcdc5S) ont été obtenus au Laboratoire de Défense des Cultures (LDC) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) sur la base d'isolements réalisés à partir des échantillons de feuilles et tiges d'anacardier montrant des symptômes de taches et de brûlures, prélevés des plantations à Zoungoué et à Gomé (Commune de Glazoué) et à Sirarou (Commune de N'dali). Les isolements ont été effectués en utilisant la méthode de (Lepoivre, 2003). Elle a consisté à laver soigneusement pendant trois minutes à l'eau de robinet, des feuilles ou fragments de tiges malades avant de les nettoyer avec de l'éthanol à 70% et rincer avec de l'eau distillée stérilisée. Des fragments de 6 mm de long sur 3 mm de large étaient découpés à la frontière des tissus sains et malades et trempés dans une solution de 1% d'hypochlorite de sodium pendant 10 minutes puis rincés 3 fois à l'eau distillée stérilisée. Les fragments ont été ensuite séchés sous la hotte à flux laminaire sur papier filtre précédemment stérilisé à l'étuve. Après séchage, ces fragments ont été aseptiquement transférés sur le milieu de culture PDA dans des boîtes de Pétri composé de : extrait de pomme 4 g/l, Glucose 20 g/l, Agar-agar 15 g/l. Les boîtes ensemencées ont été incubées à 28 °C à l'obscurité pendant 5 à 7 jours. Les isolats du champignon purifiés ont été conservés en tube sur le même milieu à - 4 °C.

Fongicides de synthèse

Les fongicides de synthèse Mancozèbe 80 WP qui est un fongicide de contact et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC qui est un fongicide systémique. Ces deux sont tous à action préventive et curative ont été testés. Ces fongicides, tous deux autorisés au Bénin (CNAC, 2015), ont été obtenus par achat dans les centres de distributions des produits de la firme de fabrication de pesticides SAVANA.

Pathogénicité des isolats de *C. gloeosporioides*

Un inoculum de 10⁶ conidies/ml de chacun des isolats Cglcdc3G, Cglcdc10G et Cglcdc2S de *C. gloeosporioides* choisis au hasard a été préparé à partir des cultures pures

avec une solution de 0,05% de Tween 20. Des jeunes plantules d'anacardier de trois semaines d'âges (stade 4 à 5 feuilles) ont été inoculées au laboratoire avec l'inoculum ainsi préparé à l'aide d'un pulvérisateur de marque Hary Brand Sprayer de 0,5 l de capacité, à la dose de 10 ml d'inoculum par plant. Cinq plants ont été inoculés par isolat. Chaque plant inoculé est couvert de toile cirée noire et déposé sous abris.

Efficacité des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC in vitro

Préparation des milieux de culture

Trois milieux de culture ont été utilisés pour les expérimentations au laboratoire. Il s'agit du PDA simple, du PDA additionné d'une solution de Mancozèbe 80 WP à la concentration de 6,7 g/l et du PDA additionné de Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC à la concentration de 6,7 ml/l. La solution de Mancozèbe a été préparée en dissolvant 6,7 g dans 15 ml d'eau distillée stérilisée). Chaque solution de fongicides a été ajoutée au milieu PDA maintenu en surfusion dans un bain marie à 55 °C. L'ensemble a été agité puis coulé dans des boîtes de Pétri. Les concentrations utilisées pour chaque fongicide ont respecté les instructions relatives aux doses prescrites sur les étiquettes.

Croissance mycélienne

Pour mesurer la croissance mycélienne, des rondelles de 5 mm de diamètre issues de la marge d'une culture de 7 jours de l'isolat Cgldc3G, virulent au même titre que les isolats Cgldc10G et Cgldc2S de *C. gloeosporioides* ont été disposées à raison d'une rondelle par boîte.

Dix (10) boîtes étaient considérées par traitement. Les boîtes témoins n'avaient reçu aucun fongicide. L'ensemble des boîtes était incubé à l'obscurité à 28 °C. La croissance mycélienne a été estimée toutes les 48 heures par la mesure des diamètres perpendiculaires les plus dissemblables de chaque colonie. Le pourcentage d'inhibition du champignon (Pic) par rapport au témoin était calculé selon la formule suivante:

$$Pic = \frac{V_0 - V_C}{V_0} \times 100.$$

V_0 : vitesse de la croissance du champignon sur milieu de culture sans fongicide (mm/h)

V_C : vitesse de la croissance du champignon sur milieu de culture avec fongicide (mm/h)

Production de spores

Trois rondelles de 5 mm de diamètre issues de la culture de 7 jours de l'isolat Cgldc3G de *C. gloeosporioides* sur les trois milieux de culture ont été prélevées à l'aide d'un emporte-pièce. Elles ont été trempées dans un tube à essai contenant 1 ml d'eau distillée stérilisée additionnée d'une goutte de Tween 20. Les tubes ont été agités au vortex pendant 30 secondes afin de faciliter la libération des spores dans la solution. La suspension ainsi obtenue a été filtrée à travers la mousseline afin d'éliminer les fragments mycéliens. Le comptage des spores a été effectué à l'aide d'un hématimètre à raison de dix comptages par suspension. Le nombre moyen de spores par unité de surface a été rapporté au mm². Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (PIs) a été calculé comme suit :

$$PIs = \frac{N_0 - N_c}{N_0} \times 100$$

N_0 : nombre de spores comptées sur milieu sans fongicide

N_c : nombre de spores comptées sur milieu avec fongicide

Germination des spores

Les spores d'une culture de 7 jours de l'isolat Cgldc3 de *C. gloeosporioides*, ont été récoltées dans de l'eau distillée stérilisée. A l'aide d'un hématimètre, la suspension obtenue a été ajustée à 10³ conidies/ml. Cent microlitres (100 µl) de la suspension de spores ont été étalés sur les 3 différents milieux de culture comme précédemment. Après 24 heures d'incubation, le nombre de spores de *C. gloeosporioides* germées a été évalué. Le pourcentage d'inhibition (PI) de la germination des spores par rapport au témoin a été aussi calculé selon la formule suivante:

$$PI = \frac{N_x - N_y}{N_x} \times 100$$

PI : Pourcentage d'Inhibition des spores

N_x : nombre de spores germées sur milieu de culture sans fongicide

N_y : nombre de spores germées sur milieu de culture avec fongicide.

Pour toutes les expérimentations *in vitro*, le dispositif expérimental complètement aléatoire à trois traitements et 10 répétitions a été adopté. Les 3 traitements étaient *C. gloeosporioides* sur PDA simple, *C. gloeosporioides* sur PDA additionné de Mancozèbe 80 WP et *C. gloeosporioides* sur PDA additionné de Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC.

Efficacité des fongicides Mancozèbe et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC au champ

Site expérimental

Les expérimentations ont été conduites chez six producteurs dans deux villages Zoungué et Gomé situés dans la Commune de Glazoué à raison de 3 producteurs par village. Le site est caractérisé par un climat sub-équatorial, qui se manifeste par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison de pluie s'étale d'avril à juillet, suivie de la petite saison sèche qui va d'août à septembre. La petite saison de pluie se situe entre septembre et octobre et la grande saison sèche va de décembre à mars.

Le site reçoit une pluviométrie annuelle moyenne qui varie entre 959,56 et 1255,5 mm et une température moyenne annuelle qui varie entre 24 °C et 29 °C. Il repose sur un sol sablonneux avec une bonne structure physique, mais relativement pauvre en éléments nutritifs (Igué et al., 2017). La commune de Glazoué est l'une des zones productrices de l'anacardier où l'antracnose a été également signalée par les producteurs d'anacardier et les chercheurs travaillant sur les plantes ligneuses.

Dispositif expérimental et installation des essais

Les expérimentations ont été conduites sur les sites de Gomé et de Zoungué. Sur chacun des sites, un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet dispersé à trois

traitements et trois répétitions a été utilisé. Les traitements ont été les suivants: arbres témoins non traités, arbres traités avec le fongicide Mancozèbe 80 WP à la dose de 2 kg/ha et arbres traités avec le fongicide Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC à la dose de 2 l/ha. Pour les distinguer les uns des autres, les arbres de chaque bloc et traitement (parcelle) ont été marqués par des banderoles en popeline de différentes couleurs. Les couleurs bleue, rose et violette ont marqué les blocs et les couleurs verte, jaune et rouge ont été affectées aux traitements. Par parcelle de 2500 m² comportant 25 à 30 plants selon les producteurs, cinq plants ont été choisis au hasard pour les observations. Chaque plant a porté à la fois la couleur identifiant le bloc et le traitement.

Les fongicides ont été appliqués dès l'apparition des jeunes feuilles ou de jeunes fleurs par décade pendant 2 mois soit au total 6 applications par site. Deux mètres carrés de feuillages ont été traités sur les côtés Sud, Nord, Est et Ouest par arbre pour raison de représentativité. Ces deux mètres carrés représentaient le feuillage expérimental.

Evaluation des symptômes

Les taches sur feuilles, les nécroses sur tiges, apex ou inflorescences et la mort des apex ont été les symptômes observés. Ces symptômes ont été évalués à la veille de chaque application de fongicides. Les indices de sévérité sont les suivants:

0: (ST) pas de taches foliaires 0%

1: (PT) surface occupée par les taches foliaires [1% - 10%]

2: (MT) Surface occupée par les taches foliaires [10% -25%]

3: (LT) Surface occupée par les taches foliaires [25% -50%]

- 4: (Br) Surface occupée par les taches foliaires [50% -100%]
 5: (NA) Nécrose sur apex et ou sur inflorescence
 6: (AM) Apex Mort

Données collectées

L'incidence de l'antracnose

Elle a été évaluée par plant et représente le nombre de ramifications présentant le symptôme d'antracnose sur le nombre total de ramifications échantillonnées qui était de 10 par plage de feuillage expérimental traitée par plant d'anacardier suivant la formule:

$$\text{Inc (\%)} = \text{NRM/NTR} \times 100$$

Inc: Incidence

NRM: nombre de ramifications malades

NTR: nombre total de ramifications

Sévérité de l'antracnose

Elle a été aussi évaluée par plant sur 10 ramifications par plage de feuillage expérimental et a porté sur les 5 dernières feuilles de chaque ramification. Chaque feuille a fait l'objet d'un examen minutieux afin d'apprécier la sévérité de l'antracnose calculée selon la formule suivante:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

\bar{x} Sévérité moyenne par ramification (%)

w_i Indice de sévérité des symptômes [$w=1$ (PT); $w=2$ (MT)); $w=3$ (LT); $w=4$ (FM)]

x_i Pourcentage de symptôme

La sévérité moyenne a été calculée par plant et utilisée pour déterminer l'aire sous la courbe de progression de l'indice de sévérité de l'antracnose «Area Under Disease Severity Index Progress Curve» (AUSiPC)

(Jeger et Viljanen-Rollinson, 2001) suivant la formule:

$$\text{AUSiPC} = \sum_{n=1}^n [(x_i + x_{i-1})(t_i - t_{i-1})]/2$$

S_i : indice de sévérité à la date t_i

t : nombre de jours après chaque évaluation,

i : nombre d'évaluations

n = nombre total d'évaluations

x_i = sévérité à la date t_i

x_{i-1} = sévérité à la date t_{i-1}

La même formule a été utilisée pour calculer l'aire sous la courbe de progression de l'incidence de l'antracnose «Area Under Disease Incidence Progress Curve» (AUIPC).

Analyse statistique

Afin de comparer la croissance mycélienne de *C. gloeosporioides*, une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification (temps) a été réalisée. La discrimination des valeurs moyenne a été faite par le test de Student-Newman-Keuls à 5%. En ce qui concerne la germination et la production de spores, elles ont été soumises à des régressions de la famille poisson étant donné la nature de ces deux variables (données de comptage). Par ailleurs, l'évolution de la sévérité et l'incidence de l'antracnose a été appréciée en utilisant des modèles linéaires à effets mixtes. Dans ces modèles, le site et le milieu de culture ont été considérés comme facteurs fixes alors que le bloc a été considéré comme facteur aléatoire. A partir de ces modèles, les moyennes ajustées de la sévérité et de l'incidence de l'antracnose ont été estimées puis utilisées pour construire les courbes de tendance évolutive. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R version 3.3.2 (Core Team, 2016).

RESULTATS

Test de pathogénicité du champignon

Le test de pathogénicité s'est révélé positif. Les symptômes d'anthracnose ont été observés sur les jeunes plants d'anacardier 7 jours après inoculation. Le pathogène *C. gloeosporioides* a été isolé à nouveau à partir des symptômes développés sur les feuilles inoculées.

Action inhibitrice des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur *C. gloeosporioides* *in vitro*

Effet des fongicides de synthèse sur la croissance mycélienne du pathogène

Après ensemencement à partir des rondelles de culture, le champignon *C. gloeosporioides* n'a poussé que sur le milieu témoin qui ne contient aucun fongicide. Au bout de 6 jours, la croissance du mycélium a atteint 8 cm de diamètre sur les boîtes témoins sans fongicide et 0 cm sur les boîtes avec fongicide (Tableau 1). La croissance du mycélium a été significativement réduite de 100% dans toutes les boîtes traitées aux deux fongicides ($P < 0,001$) (Tableau 1).

Effet des fongicides de synthèse sur la germination et la production des spores du pathogène

Concernant la germination des spores de *C. gloeosporioides*, aucune colonie n'a été observée sur les milieux PDA additionnés du Mancozèbe ou PDA additionnés de Chlorothalonil-Carbendazime. Par contre, sur le milieu PDA simple, en moyenne 83 colonies ont été dénombrées ($P = 0,0001$) (Tableau 2). Par rapport à la production de spores par ce pathogène, le comptage des spores à l'aide d'hématimètre dans les suspensions ainsi obtenues, à partir des différents milieux a montré que le champignon n'a sporulé que sur le traitement sans fongicide ($P = 0,0001$) (Tableau 3).

Action inhibitrice des fongicides de synthèse Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur *C. gloeosporioides* au champ

Effet des fongicides sur l'incidence de la maladie

Sur le site de Zoungouè, l'application des fongicides a réduit l'incidence de l'anthracnose (AUIPC) de plus de 86% et 81% respectivement sur les feuillages traités avec Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC comparé aux feuillages témoins non traités (Figure 1). Sur le site de Gomè, des réductions significatives ($P = 0,0001$) de 98% ont été obtenues sur les feuillages traités aussi bien avec Mancozèbe 80 WP que Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC, comparés aux feuillages témoins non traités (Figure 2).

Effet des fongicides sur la sévérité de la maladie

La sévérité de l'anthracnose a connu des réductions significatives ($P = 0,0001$) sur les deux sites Gomè et Zoungouè (Figures 3 et 4). En effet, sur le site de Zoungouè, l'AUSiPC a été réduite de 90,4% sur les feuillages traités avec Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC comparée aux feuillages témoins non traités. Sur le site de Gomè, la réduction de l'AUSiPC a été de 97,3% après application de Mancozèbe et de 89,7% après celle de Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC comparée aux feuillages témoins non traités.

L'analyse du Tableau 3 a révélé que seul le traitement a eu un effet significatif sur la sévérité de l'anthracnose ($P = 0,0001$). Que ce soit pour l'incidence ou la sévérité de la maladie, l'interaction temps \times traitement a été significative ($P = 0,0001$), indiquant que les variations de sévérité ou d'incidence observées suivant les traitements dépendent des temps de mesure.

Tableau 1: Effet des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur la croissance mycélienne du champignon *C. gloeosporioides*.

Milieu de culture	Croissance mycélienne (cm)			
	Jours après ensemencement			
	0	2	4	6
PDA sans fongicide	0 ± 0a	2,3 ± 0,04a	5,1 ± 0,03a	8,0 ± 0,03a
PDA traité avec Mancozèbe 80 WP (6,7 g/l)	0 ± 0a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b
PDA traité avec Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC (6,7 ml/l)	0 ± 0a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b
Probabilité	-	<,0001	<,0001	<,0001

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% avec le test de Student-Newman-Keuls.

Tableau 2: Effet des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur la germination des spores du champignon *C. gloeosporioides* après 24 heures de culture.

Milieu de culture	Colonies de <i>C. gloeosporioides</i> dénombrées
PDA sans fongicide	83,05 ± 0,3a
PDA traité avec Mancozèbe 80 WP 6,7 g/l	0 ± 0b
PDA traité avec Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC 6,7 ml/l	0 ± 0b
Probabilité	<,0001

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% avec le test de Student-Newman-Keuls.

Tableau 3: Effet des fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur la production des spores du champignon *C. gloeosporioides* après 7 jours de culture.

Milieu de culture	Nombre de spores
PDA sans fongicide	128,61 ± 2.16a
PDA traité avec Mancozèbe 80 WP 6,7 g/l	0 ± 0b
PDA traité avec Chlorothalonil-Carbendazime 650 SC 6,7 ml/l	0 ± 0b
Probabilité	0,0001

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% avec le test de Student-Newman-Keuls.

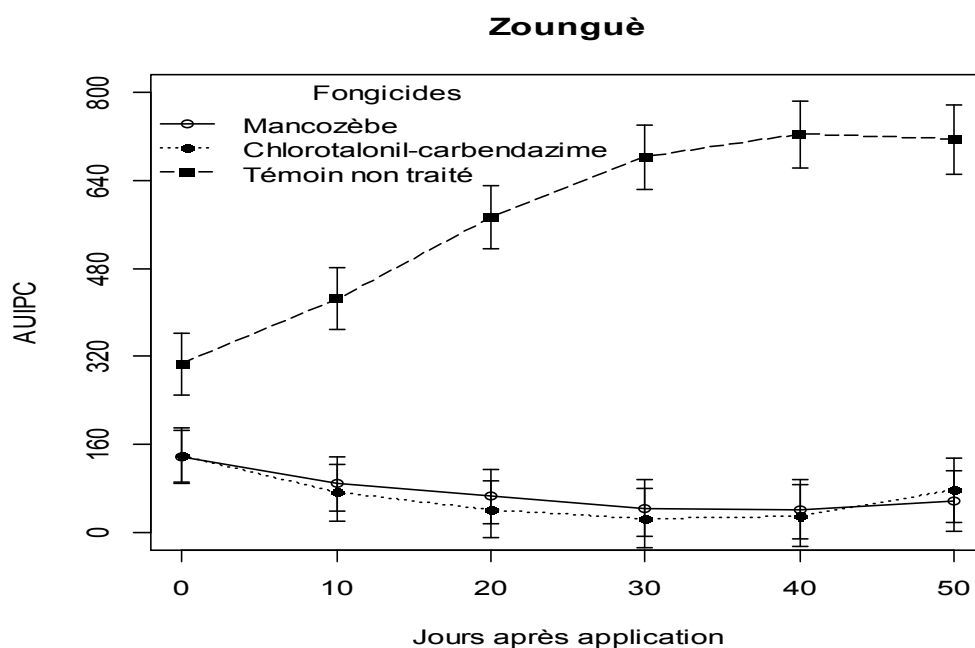


Figure 1: Evolution de l'incidence de l'antracnose exprimée comme l'aire sous la courbe de progression de l'incidence de la maladie (AUIPC) sur les feuillages de l'anacardier traités avec Mancozèbe 80 WP et Chlorotalonil-Carbendazime 65 SC pendant 60 jours sur le site de Zoungùè.

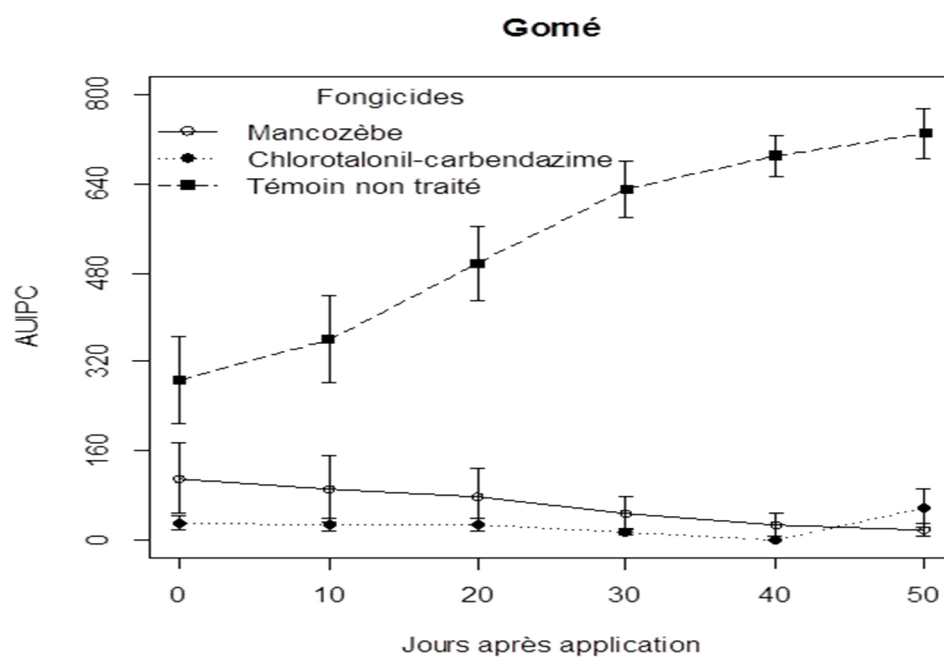


Figure 2: Evolution de l'incidence de l'antracnose exprimée comme l'aire sous la courbe de progression de l'incidence de la maladie (AUIPC) sur les feuillages de l'anacardier traités avec Mancozèbe 80 WP et Chlorotalonil-Carbendazime 65 SC pendant 60 jours sur le site de Gomé.

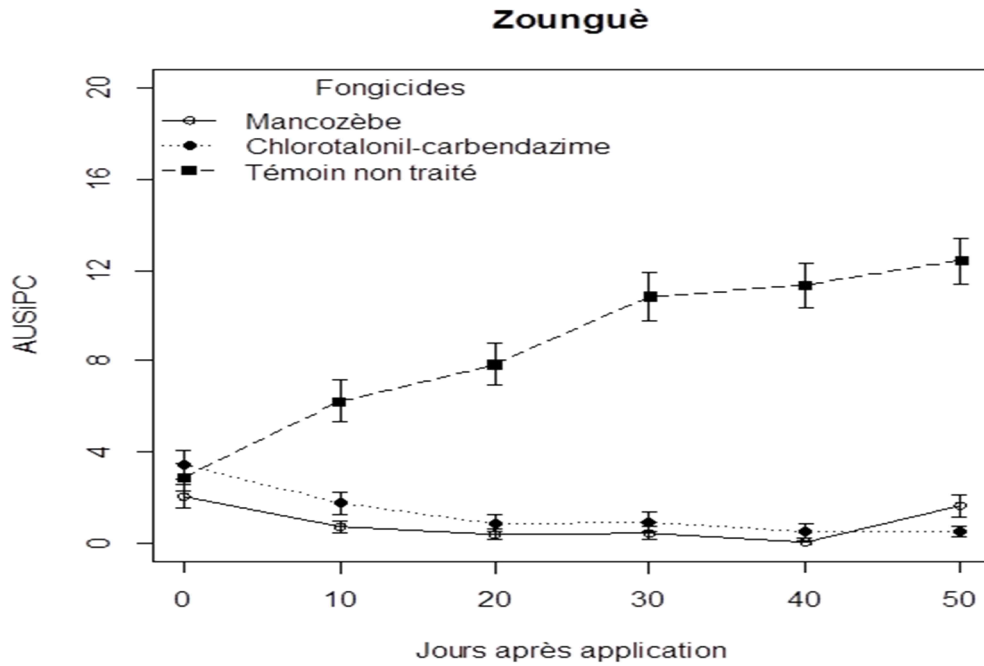


Figure 3: Evolution de la sévérité de l'antracnose exprimée comme l'aire sous la courbe de progression de l'indice de sévérité de la maladie (AUSiPC) sur les feuillages de l'anacardier traités avec Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC pendant 60 jours sur le site de Zoungué.

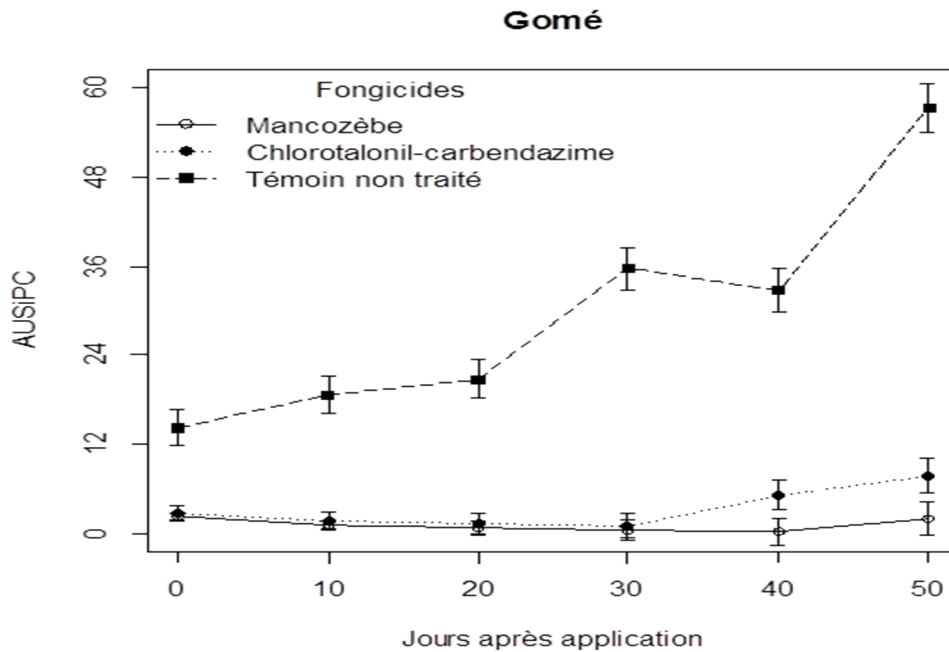


Figure 4: Evolution de la sévérité de l'antracnose exprimée comme l'aire sous la courbe de progression de l'indice de sévérité de la maladie (AUSiPC) sur les feuillages de l'anacardier traités avec Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC pendant 60 jours sur le site de Gomé.

DISCUSSION

Au laboratoire, le champignon *C. gloesporioides* dont la pathogénicité a été positivement confirmée n'a ni sporulé, ni développé de mycélium, ni germé sur les milieux de culture PDA additionnés du fongicide Mancozèbe 80 WP ou Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC comparativement au milieu de culture PDA sans fongicide. Les deux produits ont donc inhibé à 100% la croissance mycélienne, la sporulation et la germination du champignon. Ces résultats sont comparables à ceux de Randriantsalama et al. (2014) qui avaient rapporté que les fongicides Mancozèbe 80 WP et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC avaient un effet inhibiteur sur la sporulation, la croissance mycélienne et la germination du champignon *Phytophthora infestans*. Par ailleurs, les études menées par Hamdache et al. (2010) ont révélé l'effet inhibiteur du fongicide Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Botrytis cinerea*.

La sévérité de l'antracnose de l'anacardier au champ et son incidence ont été significativement réduites sur les feuillages traités avec Mancozèbe 80 WP et sur ceux traités avec Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC sur les sites de Gomé et de Zoungué. Ceci indique que les matières actives Mancozèbe et la combinaison de Chlorothalonil-Carbendazime appliquées sur les feuillages d'anacardier ont été très efficaces sur le champignon *C. gloesporioides* agent responsable de l'antracnose de l'anacardier. Plusieurs travaux ont montré l'efficacité de Mancozèbe sur d'autres espèces de champignons. Randriantsalama et al. (2014) ont montré que le produit Mancozèbe appliqué à la dose de 3 kg/ha a réduit significativement l'incidence de mildiou sur la pomme de terre. Selon Sikirou et al. (2012), Mancozèbe a réduit efficacement le développement du chancre de l'amarante causé par *Phytophthora* sp.. et celui de la cercosporiose causée par *Cercospora beticola* sur la laitue. Cole et al.

(2005) ont rapporté que les fongicides Mancozèbe et chlorothalonil ont été les plus efficaces contre l'antracnose de *Euonymus fortunei*. Des résultats similaires ont été signalés par Nyabyenda (2005) qui a montré que l'utilisation du Mancozèbe 80 WP a efficacement réduit l'antracnose dans les champs du haricot.

Le fongicide binaire Chlorothalonil-Carbendazim 65 SC testé a réduit l'incidence et la sévérité de l'antracnose de l'anacardier. L'efficacité de Chlorothalonil agissant seul ou en combinaison avec Carbendazime a été rapporté par plusieurs auteurs. Selon Hamdache et al. (2010) l'application du binaire Chlorothalonil-Carbendazime à la dose de 2 l/ha a significativement inhibé le développement de la pourriture grise du fraisier. Adéyè (2015) a montré que l'application régulière du même produit contre l'antracnose de l'oignon a réduit l'incidence de cette maladie de 60% et la perte de rendement de 14%.

Nos résultats ont montré une légère augmentation de la sévérité et de l'incidence au cinquantième jour après application des fongicides au champ au niveau des deux sites. Ces résultats sont dus à la tombée d'une pluie de l'ordre de 18 mm d'eau qui avait arrosé l'ensemble des sites et aurait lessivé les spores des feuilles des branches plus hautes des arbres sur les feuilles des branches plus basses dont celles traitées. Ces résultats montrent que les jeunes feuilles de l'anacardier sont les plus vulnérables aux champignons *C. gloesporioides* et confirment le fait que l'humidité reste un facteur de développement de la plupart des maladies phytopathogènes. L'inoculation des jeunes feuilles du niébé lors des sélections variétales contre la bactériose par Sikirou et Wydra (2003) et celle des jeunes feuilles de *Lactuca sativa* par Hotegni et al. (2011) pour vérifier la pathogénicité de *Cercospora beticola* justifie la sensibilité des jeunes feuilles aux attaques des pathogènes. Tous ces résultats montrent que les jeunes plants et feuilles sont vulnérables aux pathogènes et justifient

l'attaque des jeunes feuilles d'anacardier par les spores de *C. gloesporioides* lessivées.

Conclusion

Les résultats montrent que les fongicides Mancozèbe 80 WP à la dose de 2 kg/ha et Chlorothalonil-Carbendazime 65 SC à la dose de 2 l/ha protègent efficacement les plants d'anacardier contre l'antracnose et donnent la possibilité de conseiller ces deux fongicides aux producteurs et aux pépiniéristes pour la protection des jeunes plants et des arbres âgés d'anacardier. Pour augmenter la gamme de produits de protection contre l'antracnose de l'anacardier, des essais similaires doivent être conduits sur d'autres fongicides de synthèse et biologiques.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

La conception du protocole de recherche a été réalisée par RS et SB; l'installation des essais et collecte des données réalisées par BZ et DT; la conception du projet d'article réalisée par DT; la rédaction de l'article réalisée par DT et RS; la lecture et la correction de l'article réalisé par RS, DT, ACA et VZ. La conception d'idée de recherche et d'aide au financement réalisées par KN.

REFERENCES

- Adégbola YP, Crinot FG. 2016. Recensement des producteurs d'anacarde des vergers d'anacardiens et des unités de transformation de cajou au Bénin. Rapport de Projet d'Appui à la Diversification Agricole (PADA). Bénin, 58 p.
- Adéyè AT. 2015. Efficacité biologique du fongicide Talo plus 65 SC (carbendazime 100 g/l et chlorothalonil 550 g/l) contre l'antracnose de l'oignon (*Allium cepa* L.) au Sud-Bénin. Mémoire de Licence. Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest (UCAO). Bénin, p. 32.
- Afouda LCA, Zinsou V, Balogoun RK, Onzo A, Ahohuendo BC. 2013. Inventaire des agents pathogènes de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) au Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, **73**: 13-19. <http://www.slire.net/download/2119/ISSN:1840-7099>.
- Aïvodji J, Anassidé A. 2009. Elaboration des règles de stabilisation et de soutien des prix pour la filière anacarde. Rapport projet d'appui à la sécurisation des revenus des exploitants agricoles (PASREA), Bénin, 86 p.
- CNAC (Comité National d'Agrément et de Contrôle des Produits Phytopharmaceutiques). 2015. Liste des produits phytopharmaceutiques sous autorisation provisoire de vente (APV) et agrément homologation. Liste actualisée en Janvier 2015. Porto-Novo. Bénin, 7 p.
- Cole JT, Cole JC, Conway KE. 2005. Effectiveness of selected fongicides applied with or without surfactant in controlling anthracnose on three cultivars of *Euonymus fortunei*. *Journal of Applied Horticulture*, **7**(1): 16-19.
- Core Team R. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Dansi F. 2003. La noix de cajou africaine dans un monde de brut. Le courrier ACP-UE, p.45.
- Dedehou ESCA, Dossou J, Soumanou MM. 2015. Etude diagnostique des technologies de transformation de la pomme de cajou en jus au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 371-387. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.32>.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. *Consultation d'Experts FAO sur la Sécurité Sanitaire des Aliments: Science et Ethique*. FAO: Rome, Italie ; 13.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2014. Base des données de la FAO 2014. <http://faostat3.fao.org>. Visité le 18 Août 2017.
- Hamdache A, Lamarti A, Badoc A. 2010. Résistance *in vitro* de *Botrytis cinerea* à trois fongicides. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **149**: 103-114.
- Hotegni Houessou JH, Beed F, Sikirou R, Ezin V. 2011. First report of *Cercospora beticola* on lettuce (*Lactuca sativa*) in Benin. *New Disease Reports* **23**: 16. DOI:10.5197/j.2044-0588.2011.023.016.
- ICA (Initiative du Cajou Africain). 2010. Analyse de la chaîne de valeur du secteur anacarde du Bénin. Rapport GIZ, Bénin, 68 p.
- Igué M, Oussou TB, Adoko KF, Atacolodjou A, Salifou A. 2017. Etat de fertilité des sols et système d'exploitation dans certains villages des communes de Bantè et de Savalou dans le département des collines. Rapport d'activité LSSEE/INRAB, 6 p.
- Jeger MJ, Viljanen-Rollinson SLH. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor. Appl. Genet.*, **102**: 32-40. <https://doi.org/10.1007/s001220051615>.
- Kiwuso P, Esegu JFO, Mujuni D, Epila-Otara J. 2013. *Key Diseases and Insect Pests of Cashew Nut (Anacardium occidentale L.) in the Teso and Lango Farming Systems of Uganda*. Masawe PAL, Esegu JFO, Kasuga LJF, Mnene EE, Mujuni MD (eds). Proceeding of the 2nd International Cashew Conference, 26-29 April 2010, Kampala, Uganda; CAB International: Wallingford, UK; 68-70.
- Lepoivre P. 2003. *Phytopathologie*. Les Presses Agronomiques de Gembloux, De Boeck&Larcier s.a.; 427 p. <http://www.fsagx.ac.be/pp/coursenligne.php>
- Nyabyenda P. 2005. *Les Plantes Cultivées en Régions Tropicales d'Altitude de l'Afrique* (1^{ère} Edn). Les Presses Agronomiques de Gembloux : Gembloux ; 9.
- Randriantsalama AR, Randrianaivoarivony JM, Ramalanjaona VL. 2014. L'utilisation de la lutte chimique et de la résistance variétale contre le mildiou de la pomme de terre à Madagascar. *Afr. Crop. Sci. J.*, **22**: 959 – 968.
- Sikirou R, Bello S, Zocli B, Adéfadjio A. 2012. Efficacité du fongicide COGA 80 WP (Mancozèbe 800 g/kg) contre la cercosporiose de la laitue et le chancre de l'amarante. Rapport d'activité, LDC/INRAB, Bénin, 11 p.
- Sikirou R, Wydra K. 2003. Selection of local and improved cowpea genotypes resistant to bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *vignicola*. *Ann. Sci. Agron. Bénin*, **6**(1): 49- 60. <http://www.jstor.org/stable/43228987>.
- Soro A, N'da A. 2014. Comportement des génotypes d'anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) à l'anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) au nord de la Côte-d'Ivoire. ARECA *Anacardium-coton*. Abidjan. 23-26.
- Tandjiékpon A, Lagbadohossou A, Hinvi J, Afonnon E. 2003. La culture de l'anacardier au Bénin. Référentiel Technique. INRAB-PADSE, Bénin, p. 86.
- Tandjiékpon A. 2009. La filière anacarde au Bénin: Problématique, enjeux sociaux, économiques, environnementaux et perspectives. Formation internationale en gestion durable des forêts et certification forestière au Bénin ASDI & SSC-Forestry, 47 p.
- Tandjiékpon A. 2010. Analyse de la chaîne de valeur du secteur anacarde du Bénin. Rapport d'étude, Initiative du Cajou Africain (ICA/GIZ), Bénin, 62 p.
- Uaciquete A, Korsten L, van der Waals J. 2010. *Leaf and Fruit Diseases of Cashew (Anacardium occidentale L.) in Mozambique*. Masawe PAL, Esegu JFO, Kasuga LJF, Mnene EE, Mujuni MD (eds). Proceeding of the 2nd International Cashew Conference: Kampala, Uganda; 61-67.