



Original Paper

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

Evaluation *in vitro* de la sensibilité de *Pythium aphanidermatum* aux fongicides utilisés dans les plantations de papayers en Côte d'Ivoire

Clovis N. B. KOFFI*, Hortense A. DIALLO et Justin Yatty KOUADIO

Université d'Abobo-Adjamé, UFR-SN, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales,
02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur de correspondance : bhonykof@yahoo.fr

RESUME

La pourriture des racines et du collet du papayer en Côte d'Ivoire sévit dans les plantations, causant des pertes énormes. Cependant, malgré les traitements fongiques, la maladie persiste. L'objectif de cette étude est de tester *in vitro* la sensibilité de *Pythium aphanidermatum*, responsable de la maladie, aux fongicides utilisés dans les plantations de papaye. Ainsi, l'efficacité des fongicides Callomil, Aliette, Volley, Opal et Callicuivre a été testé *in vitro* sur *P. aphanidermatum*. Ces pesticides ont été incorporés dans le milieu synthétique PDA, avec le milieu témoin constitué de PDA sans fongicide. Le diamètre moyen du mycélium du champignon a été mesuré. Puis, l'inhibition de la croissance du champignon a été déterminée en fonction du fongicide utilisé. *Pythium aphanidermatum* s'est montré hautement sensible à Callomil, sensible à Aliette, résistant à Volley et hautement résistant à Opal et Callicuivre. La sensibilité du pathogène vis-à-vis des fongicides varie également en fonction de la quantité de matière active ($\mu\text{g/ml}$) apportée en boîte de Pétri à l'exception de Callicuivre pour lequel le champignon s'est révélé hautement résistant à toutes les doses utilisées. Les résultats confirment l'inefficacité de l'oxychlorure de cuivre observée en plantation. Des tests *in vivo* permettront de confirmer les résultats.

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés : Champignon; pesticides ; milieu synthétique ; résistant.

INTRODUCTION

Le papayer (*Carica papaya* L.), plante produisant le troisième principal fruit en Côte d'Ivoire, a pris un essor en 2002. En effet, de 1994 à 2002, le nombre de plantations commerciales est passé de trois à quatre vingt (Lannuzel, 2002). En 2002 avec 320 T de fruits frais de papayes, la Côte d'Ivoire a occupé le troisième rang des fournisseurs du marché européen derrière le Brésil (13461 T) et le Ghana (1864 T) (Promexa, 2000).

Malheureusement, ce développement amorcé n'a été que de courte durée à cause d'une pression parasitaire importante. En effet, en plus des viroses, il a été décrit pour la première fois, en juin 2007, de sévères pourritures des racines et/ou du collet du papayer dues à *Pythium aphanidermatum* à Toumodi, la nouvelle zone de production. Ce

champignon provoquait la mort d'environ 10 pieds sur un carré de 96 papayers. L'incidence de la maladie a été estimée à 68,25% sous serre.

Ignorant l'étiologie de la maladie, les producteurs utilisent cependant certains fongicides. L'application de fongicides, notamment l'oxychlorure de cuivre n'a pas donné de résultats probants.

La persistance des symptômes pourrait être due à trois causes principales:

- la première serait la méconnaissance de l'étiologie de la maladie et donc l'application de fongicides non appropriés. C'est ce qui explique l'usage de l'oxychlorure de cuivre dès les premières apparitions de pourritures des pieds de papayers alors que cette molécule est utilisée contre certains mildioux, notamment celui de la tomate (Acta, 2005).

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved.

- la seconde raison pourrait être le problème de résistance des microorganismes (champignons et bactéries) aux molécules chimiques. Bruck et al. (1982) ont par exemple montré la résistance de *Peronospora hyoscyami* au Metalaxyl. Le champignon pathogène *Phytophthora infestans* a été trouvé résistant également à la même molécule chimique (Bruck et al., 1982). De récents travaux ont mis en évidence également l'inefficacité du Metalaxyl contre certaines souches de *P. aphanidermatum* (Al-Sa'di, 2008).

- la troisième cause pourrait être la mauvaise application, c'est-à-dire l'utilisation d'une dose en dessous de la dose normale recommandée.

La présente étude a été conduite afin de tester la sensibilité de *Pythium aphanidermatum*, agent responsable de la pourriture des racines et du collet du papayer, aux fongicides couramment utilisés (Opal, Volley, Callicuire et Aliette) ainsi qu'un cinquième produit le Callomil, ayant pour cible les Oomycètes. Toutes les molécules testées sont de familles chimiques différentes. Cette étude permettra de déterminer l'efficacité ou non des fongicides testés sur *P. aphanidermatum*.

MATERIEL ET METHODES

Souche fongique

Le champignon pathogène utilisé est une souche de *Pythium* isolée à Toumodi (Côte d'Ivoire). Ce champignon a été caractérisé comme étant une souche de *P. aphanidermatum* par Global Plant Clinic (GPC, CABI, UK) et publié dans Genbank (IMI396181 ; N° d'Accession genbank : EU861392). *Pythium aphanidermatum* est un Oomycète de la famille des Pythiacées.

Fongicides utilisés

La sensibilité de *P. aphanidermatum* aux cinq fongicides Opal, Volley, Callicuire, Aliette et Callomil a été testée. Les caractéristiques des fongicides utilisés, leurs familles chimiques ainsi que les doses d'application préconisées par le fabricant sont consignées dans le tableau 1. Le choix de ces produits est basé sur le fait que ce sont ceux mentionnés par les producteurs comme étant utilisés pour le traitement de la pourriture des racines et/ou du collet observée dans leurs

plantations. Parmi ceux-ci le Callicuire et l'Aliette sont les plus utilisés. Le Callomil est le moins utilisé, mais a été choisi car c'est le seul produit homologué qui contient du Metalaxyl parmi ceux testés.

Préparation des milieux de cultures amandées de fongicides

Préparation du milieu PDA

Le milieu PDA (Patato Dextrose Agar) a été préparé selon le protocole suivant : pour 1 l de milieu, 200 g de pommes de terre ont été pelées, découpées en dés et bouillies dans 1 l d'eau distillée pendant 15 mn. Ensuite, les dés ont été écrasés et la solution filtrée. A ce filtrat ont été ajoutés 20 g de glucose et 20 g d'Agar. La solution complétée à 1 l avec de l'eau distillée a été autoclavée à 120 °C pendant 30 min à une pression d'un bar.

Pour les tests *in vitro*, les concentrations de fongicide indiquées par le fabricant ont été respectées pour préparer les solutions stocks de 10 ml de fongicide.

A partir des solutions stocks de chaque fongicide, quatre volumes (150 µl, 250 µl, 500 µl et 1 ml) ont été prélevés pour être incorporés au milieu de culture PDA coulé en surfusion dans des boîtes de Pétri de 9 cm à la température de 45 °C environ. Les concentrations des fongicides dans le milieu synthétique sont présentées dans le tableau 2.

Test de sensibilité de *Pythium aphanidermatum* aux différents fongicides

Le champignon sur lequel ces fongicides ont été testés a été cultivé sur milieu PDA et mis en incubation pendant 05 jours à l'obscurité, à la température de 28 °C (température du laboratoire). Des sections de 5 mm de diamètre sont effectuées et déposées sur les milieux solidifiés incorporés des différents fongicides pour les traitements et sur milieu solidifié sans fongicide pour le témoin (contrôle). Pour chaque traitement, cinq boîtes de Pétri ont été utilisées et l'essai a été répété 2 fois.

Pour chaque traitement, le paramètre diamètre moyen de la croissance radiale du mycélium de *P. aphanidermatum* a été mesuré. Les mesures ont été effectuées tous les deux jours pendant deux semaines. Ensuite, le pourcentage d'inhibition de croissance a été calculé avec la moyenne de croissance

Tableau 1 : Liste des fongicides utilisés

Nom commercial	Matière active (molécule)	Dose matière active	Type de formulation	Dose d'application	Mode d'action
Aliette (WG)	Fosétyl-Al	800 g/kg	Granulé à disperser dans l'eau	0,125 g/plante ; 50g/40L/400pltes ou 50g/100L/400pltes sol sec	systemique
Callicuivre (WP)	Oxychlorure de Cuivre	500 g/kg	Poudre mouillable	0,1-0,7% (1 g/10 L d'eau-7 g/70l d'eau)	contact
Opal (L)	Epoxiconazole	75 g/L	Liquide	2,5 ml/1 L d'eau (0,7L-1L/Ha)	systemique
Volley (L)	Fenpropimorphe	94%	Liquide	2,5 ml/1L d'eau (0,7L-1L/Ha)	systemique
Callomil Plus (WP)	Métalaxyl/oxyde de cuivre	120 g Métalaxyl et 600 g CuO/kg	Poudre mouillable	1 g de callomil/0,2L d'eau	systemique

Tableau 2 : Les concentrations ($\mu\text{g/ml}$) de fongicides dans le milieu synthétique.

Fongicide	Concentration des fongicides ($\mu\text{g/ml}$)			
	D1	D2	D3	D4*
Aliette	11,6	18,5	36,6	71,2
Callicuivre	0,74	1,23	2,4	4,7
Opal	1,4	2,3	4,6	8,9
Volley	139,6	231,5	457,3	3571,4
Callomil Plus	37,2	61,7	121,95	238,1

*D1, D2, D3 et D4 constituent les différentes concentrations de fongicides en boîte de Pétri.

radiale du mycélium pour chaque dose. Ce qui a permis de déterminer le niveau de résistance ou de sensibilité de *P. aphanidermatum* aux fongicides testés. Le pourcentage d'inhibition a été calculé selon la formule et l'échelle de sensibilité proposée par Kumar et al. (2007) :

$$I = \frac{C-T}{C} \times 100$$

Où,

I = Pourcentage d'inhibition

C = Croissance radiale (mm) du témoin

T = Croissance radiale (mm) du traitement

Le niveau de sensibilité ou de résistance de l'isolat a été déterminé selon l'échelle de Kumar et al. (2007). Pour *I* :

- > 90% Hautement Sensible

- > 75-90% Sensible

- > 60-75% Modérément Résistant

- > 40-60% Résistant

- < 40% Hautement Résistant

Analyse statistique

Le dispositif expérimental est un plan complet à deux critères de classification : cas d'un modèle hiérarchisé. Facteur A : les différents types de fongicide. Facteur B : les doses de fongicide appliquées en boîtes de Pétri. Une analyse de variance (ANOVA 2), associée au test de comparaison de moyennes de Newman & Keul a été effectuée pour distinguer les groupes selon les valeurs des moyennes des variables à tester. Le seuil de signification est de 5%. Le logiciel utilisé est Statistica 9.0.

RESULTATS

Effet des fongicides sur la croissance *in vitro* de *P. aphanidermatum*

L'action des cinq fongicides étudiés sur la croissance *in vitro* de *Pythium aphanidermatum* permet de les classer en quatre groupes dont deux intermédiaires. Le premier groupe renferme le fongicide Callomil qui a réduit significativement la croissance du champignon en boîte de Pétri. Le diamètre moyen du mycélium est estimé à 2,85 mm. Le second groupe est représenté par les fongicides Callicuivre et Opal. Ceux-ci n'ont eu aucune action sur la croissance *in vitro* de *P. aphanidermatum*. En effet, sur les milieux contenant ces deux fongicides, le diamètre moyen du mycélium est de 32,45 mm pour Opal et 36,66 mm pour Callicuivre contre 40 mm pour le témoin sans fongicide. Il n'y a pas de différence significative ($\alpha = 5\%$) entre les diamètres moyens de ces deux fongicides d'une part et d'autre part entre leur diamètre moyen de croissance de mycélium et celui du témoin. L'Aliette et le Volley constituent chacun un groupe intermédiaire. Mais le diamètre moyen du mycélium sur le milieu contenant l'Aliette (9,65 mm) est statistiquement identique à celui de Volley (23,87 mm). Par ailleurs, le diamètre moyen du mycélium sur le milieu contenant l'Aliette (9,65 mm) est proche de celui de Callomil (2,85 mm) tandis que celui du Volley (23,87 mm) est proche celui du Callicuivre (36,66 mm) et d'Opal (32,45 mm). L'effet concentration de fongicide a deux niveaux d'appréciation. En considérant les doses pour tous les fongicides ensembles (premier niveau), le diamètre moyen de croissance du mycélium ne varie pas d'une concentration à une autre. Les diamètres moyens de croissance mycélienne des doses D1, D2, D3 et D4 sont statistiquement égaux. Mais le diamètre moyen de croissance du mycélium de cet ensemble est statistiquement différent de celui de D0 sans fongicide ($\alpha = 5\%$).

Par contre, lorsque l'effet de la concentration de fongicide par fongicide est comparé, le diamètre moyen varie d'une dose à l'autre ou ne varie pas selon les fongicides. Pour l'Aliette et le Callomil le diamètre moyen de croissance mycélienne est le même statistiquement pour les doses D1, D2, D3 et D4. Bien que les concentrations de fongicide soient passées de 37,2 à 238,1 $\mu\text{g/ml}$ pour le

Callomil et 11,6 à 71,2 $\mu\text{g/ml}$ pour l'Aliette, le diamètre moyen de croissance mycélienne n'a pas varié. Cependant pour ces deux fongicides, les diamètres moyens de mycélium pour les différentes doses (D1 à D4) sont différents de celui du témoin D0 (sans fongicide). Cette différence est hautement significative. Concernant le fongicide Callicuivre, le diamètre moyen de mycélium du témoin est identique à ceux relevés au niveau des Doses D1 à D4, malgré les concentrations oxychlorure de cuivre qui sont passées de 0,74 $\mu\text{g/ml}$ à 4,7 $\mu\text{g/ml}$. L'effet des concentrations de fongicide sur la croissance mycélienne montre pour le fongicide Volley que la dose D1 (139,6 $\mu\text{g/ml}$) donne lieu au même diamètre moyen de croissance mycélienne que celui du Témoin (D0). Les diamètres moyens de mycélium de celles-ci (D1 et D0) sont significativement différents des doses D2 (231,5 $\mu\text{g/ml}$), D3 (457,3 $\mu\text{g/ml}$) et D4 (3571,4 $\mu\text{g/ml}$). Ces dernières citées ont statistiquement le même diamètre moyen de croissance mycélienne ($\alpha = 5\%$). Enfin, pour l'Opal, quatre groupes ont été déterminés selon l'effet des doses sur la croissance mycélienne. La dose D4, avec une concentration de 8,9 $\mu\text{g/ml}$, réduit le plus la croissance mycélienne. Ensuite, vient la dose D3 avec 4,6 $\mu\text{g/ml}$ d'Opal. Les doses D2 (2,3 $\mu\text{g/ml}$) et D1 (1,4 $\mu\text{g/ml}$) ont une action intermédiaire sur la croissance mycélienne. En effet, leur action sur la croissance mycélienne se situe entre celle de D3 et Celle de D0.

Sensibilité/résistance de *P. aphanidermatum* aux fongicides étudiés

Selon l'échelle de Kumar et al. (2007), les fongicides testés sur *Pythium aphanidermatum* peuvent être classés en quatre classes selon leurs pourcentages d'inhibition :

- Le Callomil en inhibant 92,90% de la croissance mycélienne de *P. aphanidermatum* est dans le premier niveau d'efficacité (très bon). La souche lui est hautement sensible ($I > 90\%$).
- L'Aliette, avec un pourcentage d'inhibition de 75,97% est située dans la seconde classe d'efficacité (bon). *Pythium aphanidermatum* est sensible aux fongicides de cette classe ($90\% \geq I > 75\%$).

Tableau 3 : Réactions (Sensibilité/Résistance) de *P. aphanidermatum in vitro* aux différents fongicides testés selon l'échelle de Kumar et al. (2007).

Fongicide	Inhibition (%) ^x				PIG*	Réaction de <i>Pythium aphanidermatum</i>				
	D1	D2	D3	D4 ^z		D1	D2	D3	D4	SG*
CALLOMIL	86,81±4,3a	92,46±4,6a	95,65±4,8a	96,71±4,8a	92,90±4,6a	S	HS	HS	HS	HS ^y
ALIETTE	73,98±3,7a	67,78±3,4a	76,57±3,8a	85,56±4,3a	75,97±3,8a	MR	MR	S	S	S
VOLLEY	7,47±0,4a	51,38±2,6b	43,05±2,2b	60,44±3,0b	40,55±2,0b	HR	R	R	MR	R
OPAL	7,57±0,4a	5,15±0,3a	17,11±0,8b	47,37±2,4c	19,10±0,9b	HR	HR	HR	R	HR
CALLICUIVRE	1,6±0,1a	1,15±0,1a	3,49 ±0,2a	3,75 ±0,2a	8,70±0,4a	HR	HR	HR	HR	HR

^xInhibitions (%) classées selon l'échelle suivante : HS (> 90 % inhibition) ; 2) S (> 75-90 % inhibition) ; 3) MR (> 60-75 % inhibition) ; 4) R (> 40-60 % inhibition) et 5) HS (< 40 %). ^yHS=Hautement Sensible, S=Sensible, MR=Modérément Résistant, R = Résistant, HR = Hautement Résistant. ^zconcentration (µg/ml) des fongicides en boîte de Pétri. Callomil : D1 = 37,2 ; D2 = 61,7 ; D3 = 121,95 ; D4 = 238,1. Aliette : D1 = 11,6 ; D2 = 18,5 ; D3 = 36,6 ; D4 = 71,2. Volley : D1 = 139,6 ; D2 = 231,5 ; D3 = 457,3 ; D4 = 3571,4. Opal : D1 = 1,4 ; D2 = 2,3 ; D3 = 4,6 ; D4 = 8,9. Callicuire : D1 = 0,74 ; D2 = 1,23 ; D3 = 2,4 ; D4 = 4,7. *PIG : pourcentage d'inhibition global. *SG : sensibilité de *Pythium aphanidermatum* en fonction de la dose recommandée. Dans la même ligne les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales (New Man et Keuls, $\alpha = 0,05$)

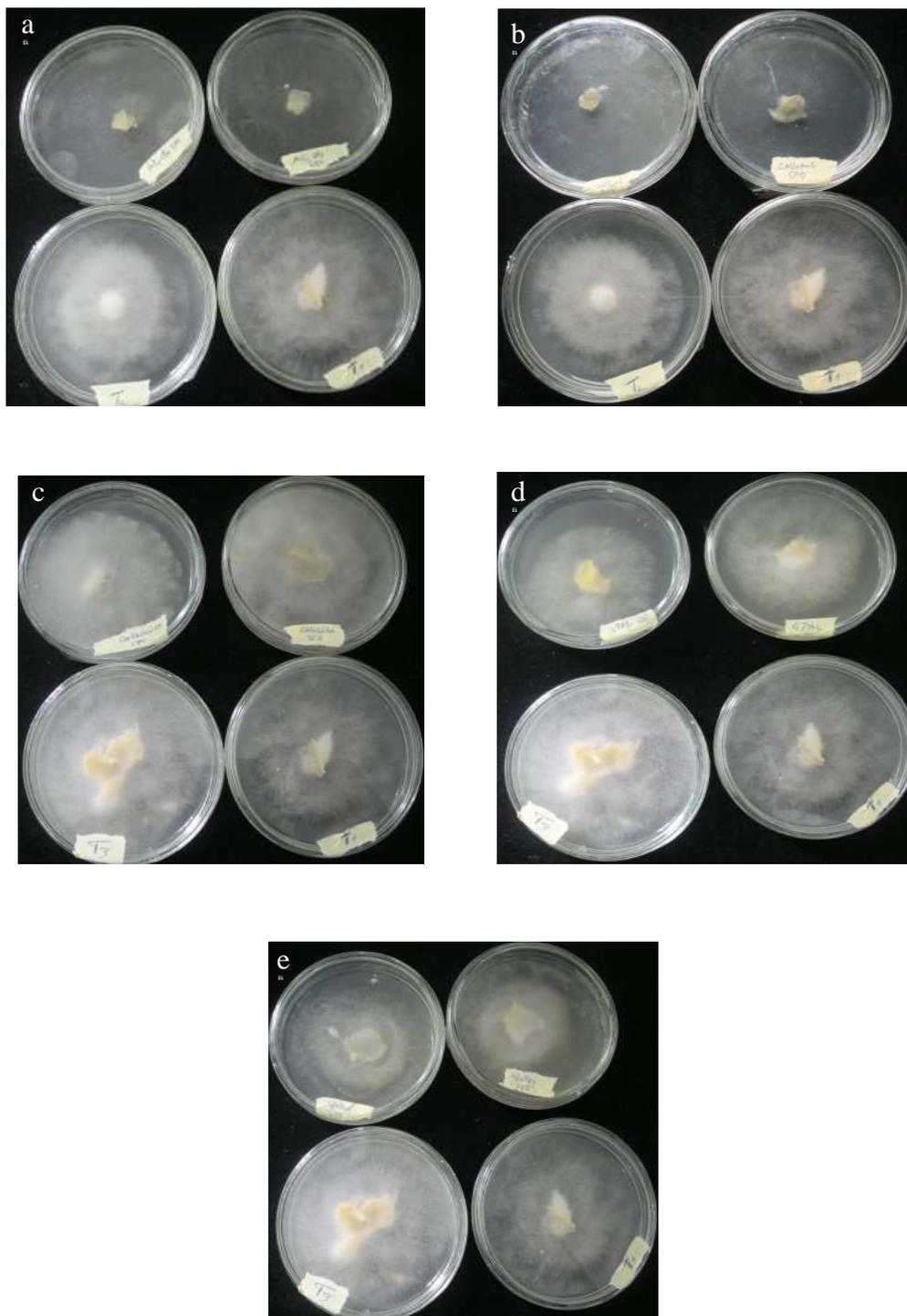


Figure 1 : Action de cinq fongicides sur la croissance mycélienne de *P. aphanidermatum* sur le milieu PDA. (a-b) -haut : inhibition de la croissance mycélienne sur le milieu PDA amandé à l'Aliette (a) et au Callomil (b)-bas : thalle mycélien ayant envahi toute la surface de la boîte de Pétri sur le milieu PDA sans fongicide (Témoin). (c-e)-haut : aucune action inhibitrice de la croissance mycélienne du champignon sur les milieux PDA contenant Callicuire (c), Opal (d) et Volley (e). Le champignon se développe bien autant sur ces milieux que sur le milieu contenant uniquement le milieu PDA témoin (bas).

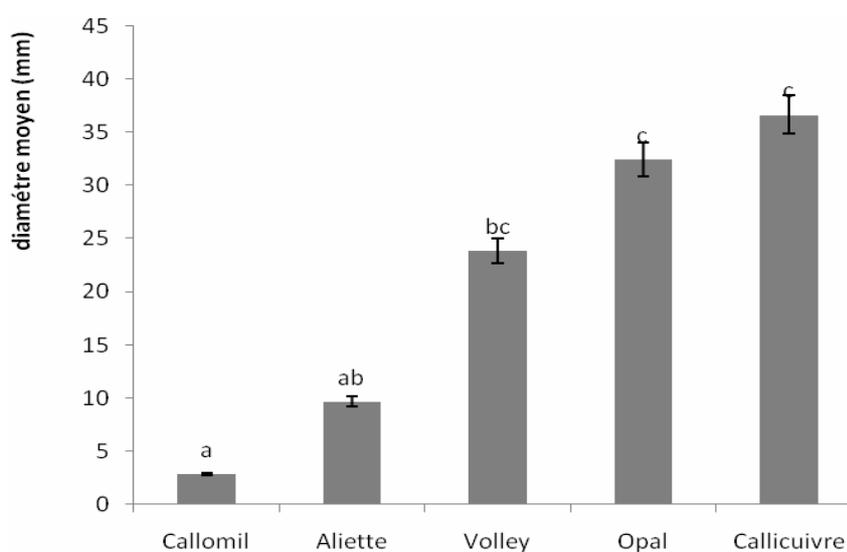


Figure 2 : Croissance *in vitro* de *P. aphanidermatum* sur PDA contenant les différents fongicides. (Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes ; $\alpha=0,05$).

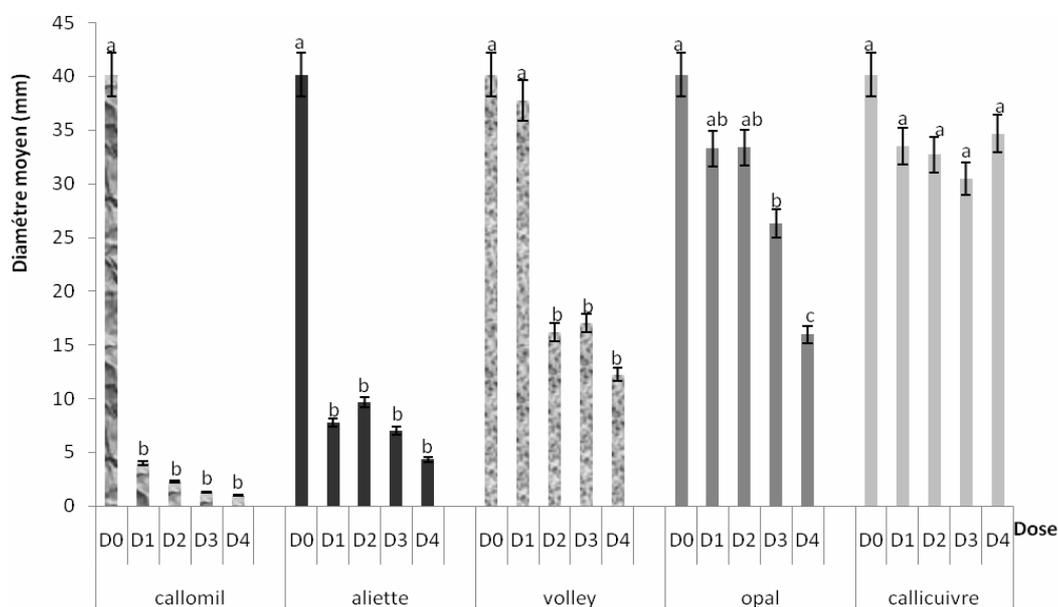


Figure 3 : Diamètre moyen de croissance de *P. aphanidermatum* en fonction des doses de chaque fongicide (au niveau de chaque fongicide, les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($\alpha=0,05$)).

- Le Volley est classé parmi les fongicides pour lesquels *P. aphanidermatum* leur est résistant ($60\% \geq I > 40\%$). En effet, le pourcentage d'inhibition de ce fongicide est de 40,55%.

- Callicuivre et l'Opal sont dans la classe des fongicides pour lesquels *P. aphanidermatum* est hautement résistant ($I < 40\%$). Leurs pourcentages d'inhibition sont respectivement de 8, 7% et 19,1%.

Les niveaux de résistance ou de sensibilité de *P. aphanidermatum* varient aussi pour chaque fongicide en fonction des concentrations de fongicide (doses) en boîte de Pétri ($\mu\text{g/ml}$) à l'exception du Callicuivre pour lequel l'isolat étudié est hautement résistant à toutes les concentrations (0,74 $\mu\text{g/ml}$; 1,23 $\mu\text{g/ml}$; 2,4 $\mu\text{g/ml}$; 4,7 $\mu\text{g/ml}$). Quelque soit la concentration (D1, D2, D3, D4) la croissance mycélienne de sur le milieu contenant le Callicuivre est identique à celle du témoin D0 (pas de différence statistique avec $\alpha = 5\%$). *Pythium aphanidermatum* est hautement résistant à l'Opal. Cependant, *P. aphanidermatum* devient résistant à ce fongicide à la dose D4 (8,9 $\mu\text{g/ml}$). La croissance mycélienne à cette dose est de 15,9 mm. En outre, pour le fongicide Volley, le niveau de résistance du pathogène connaît des variations en fonction des doses en boîte de Pétri. En effet, il est hautement résistant au Volley à la dose D1 (139,6 $\mu\text{g/ml}$), résistant aux doses D2 (231,5 $\mu\text{g/ml}$) et D3 (457,3 $\mu\text{g/ml}$) et modérément résistant à la dose D4 (3571,4 $\mu\text{g/ml}$). Par ailleurs, au niveau de l'Aliette, *P. aphanidermatum* qui en est sensible globalement présente une résistance modérée aux doses D1 (11,6 $\mu\text{g/ml}$) et D2 (18,5 $\mu\text{g/ml}$) ; tandis qu'aux doses D3 (36,6 $\mu\text{g/ml}$) et D4 (71,2 $\mu\text{g/ml}$) il devient sensible. En ce qui concerne le fongicide Callomil, la haute sensibilité de *P. aphanidermatum* vis-à-vis de ce dernier est notée aux doses D2 à D4 (61,7 à 238,1 $\mu\text{g/ml}$). Le pathogène devient sensible à la dose D1 (37,2 $\mu\text{g/ml}$).

Le nombre de classes d'homogénéité obtenues par les analyses post ANOVA de la croissance mycélienne de *Pythium aphanidermatum* sur les différents fongicides est identique à celles obtenues avec l'échelle de Kumar et al. (2007). Cependant cette échelle permet de régler l'ambiguïté des classes intermédiaires définies par l'analyse statistique. C'est le cas des résultats obtenus

avec le Volley et l'Aliette. Volley chevauche selon l'analyse statistique le groupe Callicuivre-Opal et Aliette tandis que l'Aliette chevauche le Callomil et le Volley. Ce chevauchement est éliminé par l'échelle de Kumar et al. (2007) qui classe l'Aliette au nombre des fongicides pour lesquels la souche est sensible et le Volley au nombre de ceux pour lesquels la souche est résistante.

DISCUSSION

Les cinq fongicides étudiés (Callomil, Aliette, Volley, Opal et Callicuivre) agissent différemment sur la croissance *in vitro* de *P. aphanidermatum*. Les deux premiers, Callomil et Aliette réduisent considérablement la croissance de *P. aphanidermatum*. Cependant, le Callomil est plus efficace que l'Aliette. En effet, les pourcentages d'inhibition du champignon dus au Callomil et à l'Aliette sont de 92,9% et de 75,97% respectivement. Cela révèle une hypersensibilité du champignon vis-à-vis du Callomil et une sensibilité à l'Aliette. Les matières actives, Métalaxyl contenu dans le Callomil et le Fosetyl-Al dans l'Aliette ont été prouvées efficaces contre les Oomycètes tels que *Phytophthora*, *Pythium*, *Pseudoperonospora* et *Peronospora*. Selon Drenth et Guest (2004), le Métalaxyl et le Fosetyl-Al sont des molécules chimiques utilisées pour le traitement systémique des maladies dues aux phytophthora. Bielenin et Jones (1988) ont mis en évidence l'efficacité de ces deux molécules contre le *Phytophthora* du cerisier. Ces fongicides ont aussi été utilisés pour le traitement des mildious dus à *Pseudoperonospora cubensis* (Labeda, 2004). Par ailleurs ces deux fongicides sont classés parmi les fongicides utilisés pour le traitement des champignons du sol tels que *Pythium* et *Phytophthora* (Acta, 2005).

Bien que ces fongicides aient réduit la croissance du champignon cependant, aucun des deux fongicides n'a permis d'avoir 100% d'inhibition. Cela pourrait expliquer le développement avec le temps de souches résistantes à ces pesticides. En effet, selon les résultats de Shew (1985), une utilisation continue du métalaxyl pendant environ quatre ans contre *Phytophthora parasitica* du tabac a occasionné le développement de résistance de ces souches fongiques. D'autres cas de résistance ont été signalés à l'encontre du

Métalaxyl (Sharma, 1996 ; Gabelotto et al., 2009). Malgré cela, les études récentes de Al-Sa'di et al. (2008) ont montré que toutes les souches de *P. aphanidermatum* isolées sur le concombre et le melon dans quatre régions d'Oman sont hautement sensibles au Metalaxyl. Le Fosétyl-Al, aussi n'est pas toujours efficace contre les Oomycètes. En effet, Wicks et Lee (1982) ont montré la résistance d'une souche de *Plasmopara viticola* au Fosétyl-Al. Davis (1989) a également montré que cette molécule s'avérait inefficace quand elle est appliquée après l'inoculation de *Phytophthora parasitica* à la tomate. Aussi, selon le même auteur, le Fosétyl-Al devenait peu efficace 3 à 4 semaines après le traitement.

La différence au niveau de la sensibilité du pathogène au Callomil et à l'Aliette peut être attribuée au fait que le produit chimique Aliette est beaucoup plus utilisé par les planteurs. En effet, suite à un usage prolongé de l'Aliette, la sensibilité du champignon vis-à-vis du produit a pu diminuer. Une résistance pourrait ainsi se développer si d'autres molécules efficaces contre *P. aphanidermatum* ne sont utilisées comme l'a montré Shew (2005).

Les trois autres fongicides : Volley, Opal et Callicuivre peuvent être regroupés en deux classes selon la sensibilité de *P. aphanidermatum* à chacun des produits. La première classe concerne le fongicide Volley pour lequel l'isolat étudié montre une résistance simple. La seconde classe concerne l'Opal et le Callicuivre pour lesquels *P. aphanidermatum* est hautement résistant. La résistance de *P. aphanidermatum* à ces fongicides s'explique d'une part par le fait que les cibles de leurs matières actives sont généralement des groupes de champignons autre que les Pythiacées et les Phytophthoracées outre quelques mildious traités avec l'oxychlorure de cuivre. D'autre part, ces fongicides sont utilisés pour des traitements aériens alors que *Pythium aphanidermatum* est un champignon du sol (Acta, 2005). La persistance de la maladie après les premiers traitements effectués en plantation s'explique aisément car toutes les premières applications curatives de fongicide concernaient l'oxychlorure de cuivre pour lequel *P. aphanidermatum* est hautement résistant. La persistance de la maladie pourrait

être due à un mauvais diagnostic posé par les producteurs de papaye. Pour ces derniers, la maladie serait causée par *Phytophthora*, donc sensible au cuivre.

Des variabilités au niveau de la sensibilité de *P. aphanidermatum* aux différentes doses de fongicides sont notées à l'exception de l'oxychlorure de cuivre (Callicuivre). Par exemple pour Opal, *Pythium aphanidermatum* a été trouvé hautement résistant aux trois premières doses (D1, D2 et D3) et seulement résistant à la dose D4. Il ressort donc que non seulement la sensibilité de *P. aphanidermatum* dépend du type de fongicide, mais aussi de la dose apportée. L'évaluation de la sensibilité de *P. aphanidermatum* en fonction de différentes doses de fongicides montre que les doses recommandées sont toujours efficaces pour l'Aliette et le Callomil. Même en dessous de la dose normale (D3) ces fongicides sont toujours efficaces. Cela montre que *P. aphanidermatum* est extrêmement sensible à ces fongicides. Ce résultat va dans le sens de celui Wicks et Lee (1982) qui ont montré que lorsqu'un pathogène est extrêmement sensible à un fongicide (cas du Métalaxyl sur *Plasmopara viticola*), la sporulation et la croissance mycélienne sont inhibées à de faibles doses. Mais pour les fongicides Volley, Opal et Callicuivre l'augmentation de la dose n'a pas d'effet remarquable sur le pathogène. Cela est dû au fait que ces fongicides n'ont pas pour cible les Pythiacées (Acta, 2005).

Conclusion

L'évaluation *in vitro* des fongicides utilisés pour le traitement de la pourriture des racines et du collet du papayer en Côte d'Ivoire montre d'une part que l'Aliette (Fosétyl-Al) et le Callomil (Metalaxyl + oxyde de cuivre) sont encore efficaces pour le traitement de cette maladie. La souche de *P. aphanidermatum* isolée sur le papayer en Côte d'Ivoire est sensible au Fosétyl-Al et très sensible au complexe Metalaxyl-oxyde de cuivre. D'autre part les fongicides Opal (Epoxyconazole), Volley (Fenpropimorphe) et Callicuivre (Oxychlorure de cuivre) sont utilisés de manière inappropriée car ils n'ont pas les Pythiacées et les Phytophthoracées du sol pour cible. La sensibilité de *P. aphanidermatum* aux fongicides varie

généralement en fonction de la quantité de matières actives utilisées. L'évaluation *in vivo* de ces fongicides sur *P. aphanidermatum* permettra de confirmer ces résultats obtenus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acta. 2005. *Index Phytosanitaire Acta* (41^{ième} edn). Association de Coordination Technique Agricole: Paris.
- Al-Sa'di AM, Drenth A, Deadman M, de Cock A, Aitken EAB. 2008. Molecular characterization and pathogenicity of *Pythium* species associated with damping-off in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus*) in Oman. *Plant Pathol.*, **56**: 140-149.
- Bielenin A, Jones LA. 1988. Efficacy of Fosetyl-Al and Drenches of Metalaxyl for the control of *Phytophthora* root and crown rot of Cherry. *Plant Dis.*, **72** (6): 477-480.
- Bruck RI. 1982. Evidence for Resistance to metalaxyl in isolates of *Peronospora hyoscyami*. *Plant Dis.*, **66**(1): 44-45.
- Davis RM. 1989. Effectiveness of Fosetyl-Al against *Phytophthora parasitica* on tomato. *Plant Dis.*, **73**(3): 215-217.
- Drenth A, Guest ID. 2004. Principles of Phytophthora Disease Management in Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asian. *ACIAR Monograph.*, **114**: 154-160.
- Gabelotto M, Harnik TY, Schmidt DJ. 2009. Efficacy of phosphonic acid, metalaxyl-M and copper hydroxyde against *Phytophthora ramorum* *in vitro* and *in planta*. *Plant pathol.*, **58**: 111-119.
- Kumar SA, Reddy EPN, Reddy HK, Devi CM. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloesporioides* isolates causing mango anthracnose in Agri export zone of Andhra Pradesh, India. *Plant Pathol. Bull.*, **16**: 157-160.
- Labeda A. 2004. Resistance to fungicides in population of cucurbit downy mildew in the Czech Republic. *Acta Fytotech. Zootech.*, **7**(special number): 327-329.
- Lanuzel V. 2002. Le développement de la papaye en Côte d'Ivoire. *Promexa Info.*, **10**: 8.
- Promexa. 2002. Statistique sur les papayes. Principaux fournisseurs des marchés européens de 1994 à 2002. *Promexa Info.*, **10**: 6.
- Sharma RC. 1996. Fungicide use in soil and development of resistance. In *Management of Soil Borne Dideases*, Utkhede RS, Gupta VK (eds). Kalyani Publishers : New Delhi ; 282-300.
- Shew HD. 1985. Response of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* to metalaxyl exposure. *Plant Dis.*, **69**: 559-562.
- Wicks T, Lee TC. 1982. Effet of fungicides volatiles on sporangial production of *plasmopara viticola*. *Plant Dis.*, **66**(10): 945-946.