



Action du dosage en cuivre des sels cupriques et de la périodicité de leur application sur la pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Cote d'Ivoire

POHE Jean

Laboratoire de Pathologie et de Biologie Végétales de L'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT BOIGNY de Yamoussoukro BP 1313 Yamoussoukro

E-mail Auteur : pohjean@yahoo.fr

Mots clefs : Cabosses de cacao, pourriture brune, sel cuprique, cuivre métal, période d'application.

Keywords: Cocoa pod, brown rot, cupric salts, metal copper, application period.

1 RESUME

Trois sels cupriques respectivement à base d'oxyde de cuivre, d'oxychlorure de cuivre et d'hydroxyde de cuivre ont été testés sur la pourriture brune des cabosses de cacaoyers dans un dispositif en blocs complètement randomisés en fonction de leur dose en cuivre métal et leur périodicité d'application. Dosés à 225g, 280g et 462g de cuivre métal à l'hectare, ils sont appliqués sous forme de bouillies respectivement toutes les deux, trois et quatre semaines par pulvérisation sur les cacaoyers. L'évaluation des taux de cabosses atteintes de pourriture brune dans les différentes parcelles sous traitements fongicides et dans celles qui n'ont pas eu d'apport fongicide a relevé l'effet notable des trois formulations sur la maladie. Cependant, la formulation à l'hydroxyde de cuivre dosée à 462g de cuivre métal appliquée toutes les quatre semaines serait la mieux indiquée. Elle engendre moins de travail aux planteurs avec un long intervalle de temps entre deux applications consécutives. Il est connu que le cuivre agit sur les spores des champignons. Aussi, ce sont les spores chez les *Phytophthora* qui sont responsables des infections des cabosses de cacaoyer. Or, leur production ainsi que leur germination se réalisent toujours en présence d'eau. Les épidémies qu'ils engendrent sont alors confinées aux périodes pluvieuses. Les applications des fongicides à base de cuivre doivent par conséquent prendre en compte cet aspect. Elles seraient efficaces si elles sont faites à partir du début des saisons pluvieuses.

ABSTRACT

Three cupric salts: copper oxide, copper oxychloride and copper hydroxide were tested on brown rot of cocoa pods in randomized complete block device, based on their doses of copper metal and their periodicity of application. Respectively, they are applied at a dose of 225g, 280g and 462g of metal copper per hectare per spray on cocoa trees, in the form of gruel every two, three and four weeks. The assessment rates pods brown rot in plots under different fungicide treatments and those that have not had any input fungicide noted the marked effect of three formulations on the disease. However, the formulation of copper hydroxide dosed 462g of copper metal applied every four weeks would be more appropriate. It creates less work for the planters because of a long time interval between two consecutive

applications. It is known that copper acts on the fungal spores. In addition, what are the spores of *Phytophthora* are responsible for cocoa pods infections. However, their production and their germination always come in the presence of water. Epidemics they generate are then confined to the rainy periods. Applications of copper fungicides must take into account this aspect. They would be effective if they were made from the beginning of rainy season.

2 INTRODUCTION

Depuis la découverte de ses propriétés fongicides par Millardet et Gayon en 1885 (Rocher, 2004), le cuivre fait l'objet d'intense utilisation sous plusieurs formes dans l'agriculture à travers le monde. Lorsque la méthode de lutte chimique est promptement adoptée dans les pays où les autres méthodes s'avèrent infructueuses, le cuivre apparaît comme le remède idéal à cause de toutes les qualités qui lui sont attribuées. Il est connu pour son efficacité sur tous les champignons pathogènes (Gorbaz, 1995 ; Leroux, 2003 a et b ; Rocher, 2004). Ainsi, plusieurs sels cupriques ont été rapidement homologués en Côte-d'Ivoire face à la recrudescence de la pourriture brune des cabosses de cacao due aux *Phytophthora spp.* En effet, ces dernières années, la pourriture brune des cabosses de cacao autre fois contrôlée avec les récoltes sanitaires (Babacauh, 1980) constitue aujourd'hui un frein à la production des fèves (Kebe *et al.* 2001), probablement à cause de l'apparition de l'espèce *Phytophthora megakarya* (Koné, 1999) connue depuis longtemps pour

son agressivité au Cameroun, au Nigeria et au Ghana où elle sévit de façon endémique (Brasier and Griffin, 1970; Zentmyer, 1988 ; Nyasse, 1992 ; Opoku, 1997). Le cuivre est entré dans le marché des produits phytosanitaires de la Côte d'Ivoire sous plusieurs formes. Les formulations les plus vendues contiennent l'oxychlorure de cuivre, l'oxyde de cuivre ou l'hydroxyde de cuivre (Direction de la Protection des végétaux, 2011). Mais actuellement, les inquiétudes apparaissent et des hésitations persistent chez les planteurs. Ces derniers sont dans l'embarras quant à la formulation cuprique la mieux adaptée à la lutte contre la pourriture brune des cabosses de cacao en Côte-d'Ivoire. Pour dissiper ces inquiétudes quant à leur utilisation, nous avons entrepris cette étude. Elle a pour objectif principal le suivi et l'évaluation de l'efficacité des doses prescrites et homologuées pour trois formulations introduites en milieu paysan en Côte-d'Ivoire, à l'effet d'expliquer au mieux les conditions convenables de leur utilisation.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel

3.1.1 Matériel végétal : L'étude a porté sur des cacaoyers de plantations villageoises composées de plants issus d'hybridations diverses. Elle a eu lieu dans la zone frontalière du sud-est de la Côte d'Ivoire avec le Ghana notamment dans les départements agricoles d'Alépé, d'Abengourou et d'Aboisso où la pression parasitaire s'est avérée forte (Koné, 1999). Ces plantations appartiennent à des planteurs ayant décidé de procéder à des applications de sels cupriques précités. Elles sont situées dans des zones caractérisées par un climat de

type forestier avec quatre saisons dont deux saisons pluvieuses intercalées de deux sèches.

3.1.2 Cuivre : Le cuivre est apporté sous la forme de sels composés de :

- 75% d'Oxyde de cuivre (CuO_2) dont 50% de cuivre métal (Cu), apporté à la dose de 600g/ha soit 450g de (CuO_2) ou 225g de Cu ;
- 56% d'Oxychlorure de cuivre (CuCl_2) dont 50% de cuivre métal apporté à la dose de 100g/ha soit 56g de (CuCl_2) ou 28g de Cu ;

- 77% d'Hydroxyde de cuivre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) dont 50% de cuivre métal, apporté à la dose de 1200g/ha soit 924g de ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) ou 462g de Cu.

3.2 Méthodes : Le dispositif adopté est le dispositif en bloc complètement randomisé avec quatre traitements à savoir :

- T0, témoin sans application fongicide où seulement les récoltes sanitaires hebdomadaires sont maintenues ;
- T1 constitué de parcelles où le sel à base de l'oxyde de cuivre est appliqué à la dose de 600g/ha toutes les deux semaines avec des récoltes sanitaires hebdomadaires ;
- T2 où le sel contenant l'oxychlorure de cuivre est utilisé à la dose de 100g/ha toutes les trois semaines avec des récoltes sanitaires hebdomadaires ;
- T3 parcelles où le sel à l'hydroxyde de cuivre est utilisé à la dose de 1200 g/ha toutes les quatre semaines avec des récoltes sanitaires hebdomadaires.

Les récoltes sanitaires consistent à enlever de l'arbre les cherelles momifiées et les cabosses présentant des symptômes de pourriture brune. Chaque traitement est répliqué trois fois soit, une répétition dans chacune des trois zones agricoles (Alépé, Abengourou et Aboisso). Les préparations de bouillie fongicide ont été faites en mélange avec de l'eau. Le mélange obtenu a été appliqué par pulvérisation à l'aide d'un atomiseur à débit réglable. Les applications fongicides et les observations ont commencé en début des périodes pluvieuses début

du mois de mai. Les périodes pluvieuses ont été toujours considérées comme propices au développement des maladies à *Phytophthora spp.* (Brasier et Hansen, 1992). Avant toute application fongique, en début d'essai, un traitement insecticide au DIAZINON^R (concentré à 600 g/l) a été effectué sur toutes les parcelles selon les prescriptions de Babacauh en 1980, à l'effet de réduire les attaques de mirides principaux ravageurs des cacaoyers en Côte d'Ivoire (N'guessan et Coulibaly, 2000) et ne considérer que les affections fongiques. Pour l'évaluation de l'impact de l'application des sels cupriques, les observations sont effectuées dans les parcelles expérimentales. Elles ont consisté à dénombrer les cabosses saines et celles affectées par la pourriture brune sur la base des symptômes déjà décrits par d'autres auteurs (Babacauh, 1975 ; Blaha and Lotode, 1976). Il s'agit au départ d'une lésion d'aspect translucide qui évolue en pourriture brune, ferme au toucher et qui se couvre par la suite d'un enchevêtrement sporifère de couleur blanc-crème. Les premières observations ont été faites juste avant les applications fongicides le même jour et les suivantes une semaine après. Les observations ont été ensuite poursuivies de façon hebdomadaire. Les taux des cabosses affectées ont été calculés par rapport au total de cabosses observées. L'analyse de variance portant sur ces taux et la comparaison des moyennes de ceux ci par la plus petite différence significative nous ont permis d'évaluer l'impact des applications fongicides dans les conditions de notre étude.

4 RESULTATS

4.1 Evolution des attaques des cabosses de cacaoyer

L'évolution dans le temps des attaques de *Phytophthora spp.* ont été observées sous deux conditions à savoir les conditions naturelles et les conditions d'applications fongicides

4.1.1 Sous les conditions naturelles : Sous les conditions naturelles, c'est-à-dire dans les parcelles n'ayant pas reçu d'applications fongicides et qui constituent le témoin, la courbe d'évolution des taux des attaques hebdomadaires présente une allure d'ensemble légèrement décroissante après une

montée sur une courte période. Elle présente des pics par endroits (figure.1). L'évolution des taux cumulés, qui présente la progression dans le temps des taux des attaques des cabosses de cacaoyer, est représentée dans le graphique de la Figure 2. Elle peut être assimilée à une droite de régression linéaire avec des coefficients de variation (R^2) supérieurs à 98% (Figure3). La pente de cette droite de régression ou courbe de tendance est de l'ordre de 0,046. Elle exprime l'agressivité des attaques de *Phytophthora* dans les parcelles qui n'ont pas reçu d'applications fongicides.

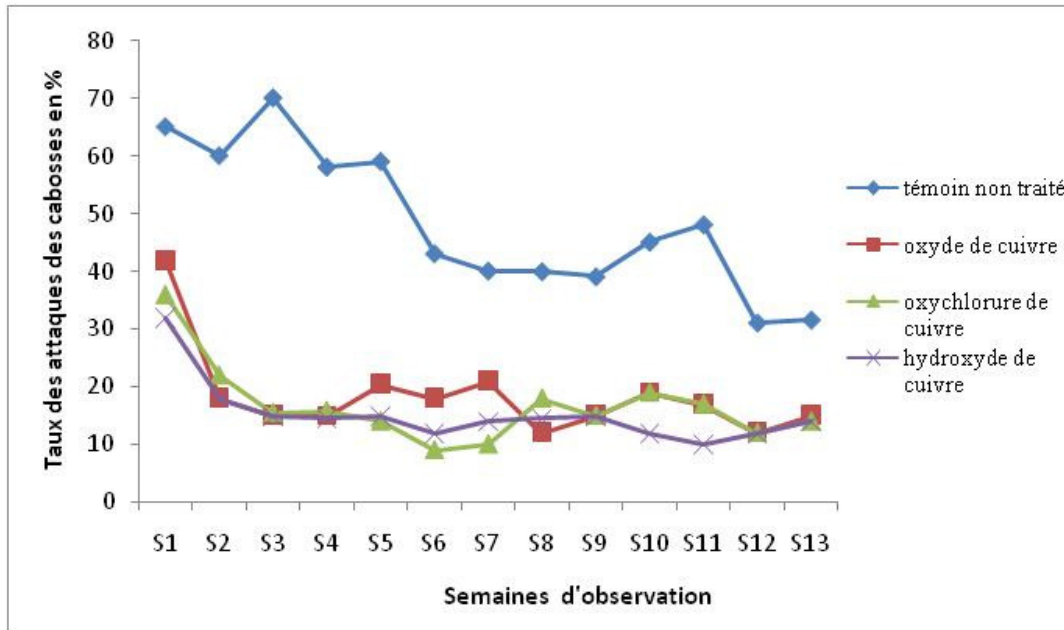


Figure 1 : Evolution hebdomadaire des attaques de cabosses de cacaoyer par *Phytophthora spp.*

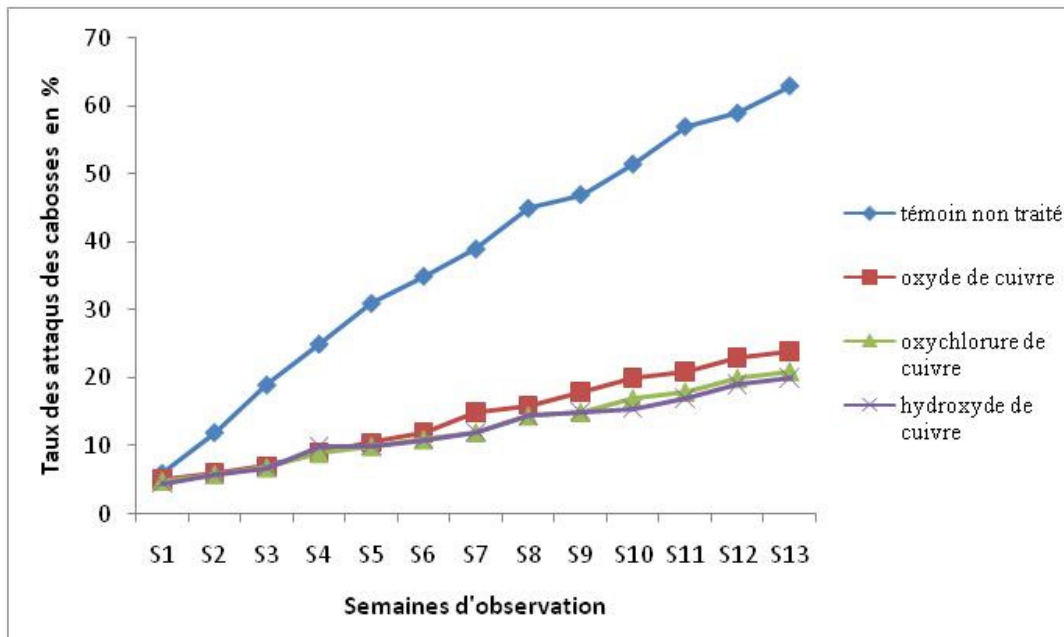


Figure 2 : Evolution des taux cumulés des attaques des cabosses de cacaoyer par *Phytophthora spp.*

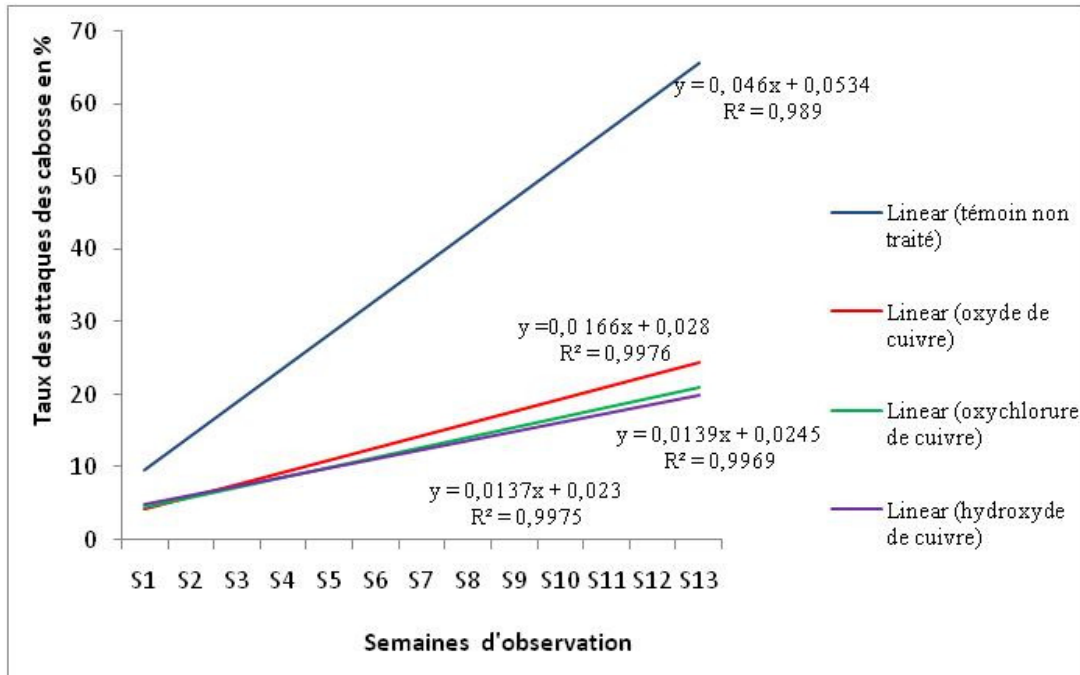


Figure 3 : Courbes de tendance issues de l'évolution des taux cumulés des attaques des cabosses

Tableau 1 : Taux en % des cabosses atteintes de la pourriture brune par traitement (données cumulées de toute la période d'observation)

Traitements	Localités	Total cabosses observées	Total cabosses pourries par <i>Phytophthora spp.</i>	% cabosses pourries par <i>Phytophthora spp.</i>
Non-traités(T0)	Abengourou	939	573	61,02%
	Aboisso	1301	739	56,80%
	Alépé	855	619	72,40%
	TOTAL	3095	1931	63,41%
Oxyde de cuivre(T1)	Abengourou	1243	188	15,12%
	Aboisso	1378	201	14,59%
	Alépé	937	141	15,00%
	TOTAL	3558	849	14,90%
Oxychlorure de cuivre (T2)	Abengourou	1321	245	18,55%
	Aboisso	1456	237	16,28%
	Alépé	686	118	17,20%
	TOTAL	3463	731	14,63%
Hydroxyde de cuivre (T3)	Abengourou	1845	233	12,63%
	Aboisso	1465	204	13,92%
	Alépé	700	123	14,60%
	TOTAL	4010	560	13,96%
TOTAL GENERAL		14126	4071	28,81%



4.1.2 Sous les conditions d'applications fongicides : L'utilisation des fongicides ne permet plus d'avoir l'allure de la courbe de l'évolution des pourritures brunes des cabosses de cacaoyer dans les conditions naturelles. Après les premières applications fongicides, les taux hebdomadaires de la maladie régressent de façon brutale et ceci, pour toutes les courbes relatives aux différentes formulations. Les courbes resteront à un niveau très bas sur toute la période de l'observation par rapport à celles qui caractérisent la maladie dans les parcelles témoins qui n'ont pas reçu d'application fongicide (Figure 1). L'évolution des courbes des taux cumulés des attaques des cabosses se fait également de manière différente que celle observée sous les conditions naturelles (Figures 2 et 3). Ainsi, dans les conditions des traitements fongicides, l'évolution des attaques des cabosses serait-elle assez lente et la maladie moins agressive que dans les conditions naturelles. Les pentes des droites de régression relatives aux trois formulations cupriques sont de l'ordre de 0,0166 pour l'oxyde de cuivre, 0,0139 pour l'oxychlorure de cuivre et 0,0137 pour l'hydroxyde de cuivre soit, trois fois moins (0,046/0,0166 à 0,046/0,0139) que celle obtenue sous les conditions naturelles (Figures 2 et 3). Ces courbes de tendances montrent également que les attaques évoluent pratiquement à la même vitesse

sur les parcelles ayant reçu les applications fongicides.

4.2 Importance des attaques des cabosses de cacaoyer : L'importance des taux des attaques des cabosses de cacaoyer pour toute la période d'observation a été étudiée sous les deux conditions également.

4.2.1 Sous les conditions naturelles : Les taux de cabosses affectées par la maladie enregistrés au cours de nos observations sont mentionnés dans le (Tableau 1). Ces taux en pour cent des cabosses observées varient entre 61,02% et 74,40% en absence des applications fongicides malgré les récoltes sanitaires.

4.2.2 Sous les conditions d'applications fongicides : Les taux des attaques sont en moyenne 14,90, 14,63 et 13,96 respectivement pour les traitements à l'oxyde de cuivre, à l'oxychlorure de cuivre et à l'hydroxyde de cuivre (Tableau 1). L'analyse de variance portant sur ces taux des attaques et la comparaison des moyennes de ceux-ci montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements. Les taux sont statistiquement plus importants dans les parcelles témoins que dans celles ayant reçu des applications fongicides. Dans ces dernières parcelles, les taux des attaques sont statistiquement identiques (Tableau 2).

Tableau 2 : Analyse statistique sur les taux des cabosses atteintes de la pourriture brune

Source de Variation	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F calculé	F lu	
					5%	1%
Répétition	2	30,93	15,47	0,84 ^{NS}	5,14	10,92
Traitements	3	5150,22	1716,74	93,49 ^{**}	4,76	9,78
Erreur expérimentale	6	110,18	18,36			
Total	11					

NS : non significatif ** : hautement significative
PPDS = 6,06

Traitements T0 > T1 = T2 = T3
Moyennes 63,407 14,903 14,630 13,96

5 DISCUSSION

L'allure de la courbe de la pourriture brune avec des pics est bien connue chez les maladies à

Phytophthora. Ces pics correspondent aux périodes d'explosion de la maladie qui seraient liées aux

pluies. En effet, l'eau constitue une condition indispensable au développement des maladies à *Phytophthora spp.* Elle favorise la production et la germination des spores responsables des infections ainsi que leur déplacement (Babacauh, 1975 ; Duniway, 1979 ; Pohé, 1999). A ces périodes d'abondance d'eau sont enregistrés alors les taux élevés des cabosses atteintes de la maladie. L'évolution apparemment décroissante de la maladie dans les conditions dites naturelles serait probablement due aux récoltes sanitaires opérées qui réduiraient le niveau de la maladie par le ralentissement de l'accumulation des propagules sur les cacaoyers. Une accumulation de celles-ci a toujours entraîné un développement important des maladies fongiques (Simmonds, 1988 ; Carisse et Kushilla, 1989 ; Pohé, 1996). Les récoltes sanitaires auraient probablement eu un effet sur le niveau de la maladie. Cependant, elles ne sauraient suffire seules pour contrôler convenablement la pourriture brune des cabosses de cacaoyer qui sévit actuellement dans ces régions agricoles de la Côte-d'Ivoire. Elles n'expriment pas dans nos conditions expérimentales une réduction notable de la maladie étant donné que le taux de la maladie de 25%, indiqué comme celui en deçà duquel les récoltes sanitaires s'avéreraient efficaces (Babacauh, 1980) est largement dépassé. En revanche, toutes les formulations à base de cuivre utilisées ont un effet notable sur la pourriture brune des cabosses de cacaoyers due à *Phytophthora spp.* comme l'ont déjà indiqué certains auteurs sur d'autres maladies cryptogamiques (Rocher, 2004 ; Leroux, 2003 A et B). Toutes ces formulations agiraient de la même manière. En effet, quel que soit le sel cuprique utilisé

c'est l'ion Cu^{++} libéré dans l'eau qui posséderait les propriétés fongicides (Girard, 2004). Fongicide multi-site, le cuivre agirait par contact sur plusieurs processus cellulaires du champignon comme la respiration, la perméabilité et la division cellulaire ce qui serait fatal à la germination des spores (Leroux 2003 ; Girard, 2004) or c'est la germination de ces spores (sporocystes, zoospores) qui sont à l'origine des épidémies (De Weille, 1964). Ceci nous conduirait à comprendre l'effet certain des formulations utilisées entraînant la réduction notable de la pourriture brune des cabosses due aux *Phytophthora spp.* Les quantités du cuivre métal utilisées varient selon les sels, ce qui devrait entraîner une différence d'effet sur la maladie, mais la périodicité d'application aurait eu un effet compensatoire. En effet, les plus petites doses correspondent à des intervalles d'application réduits. Les dosages en cuivre métal des sels cupriques homologués en Côte d'Ivoire ne peut pas donc guider le choix des planteurs selon les résultats de notre étude. En revanche, les planteurs auraient à gagner en utilisant le sel cuprique dont la périodicité d'application est de quatre semaines, ce qui leur réduirait le temps de travail. Dans l'action du cuivre, ce sont les spores qui constituent la cible privilégiée du cuivre (Leroux, 2003). La période convenable pour commencer à appliquer les fongicides à base de cuivre contre les maladies *Phytophthora* dont la pourriture brune serait le début de la saison des pluies. Il est connu que les spores des *Phytophthora* qui sont à l'origine des épidémies sont produites et germent en présence d'eau, les milieux secs leur étant défavorables (Mac Donald and Duniway, 1978).

6 CONCLUSION

Nos observations en plein champ, dans trois localités de la zone sud-est de la Côte d'Ivoire, ont montré en condition naturelle, c'est-à-dire sans applications fongicides, que les taux d'attaque des cabosses par *Phytophthora spp.* sont très élevés. Les récoltes sanitaires ne sauraient, à elles seules, réduire de façon notable la pourriture brune des cabosses actuellement dans ces zones. La nécessité de l'utilisation des fongicides s'impose. Les sels cupriques s'y comportent bien, ce qui n'est pas un

fait nouveau. Cependant, le choix de ceux dont l'application nécessite moins de temps de travail comme celui à l'hydroxyde de cuivre applicable toutes les quatre semaines serait le mieux indiqué. Le début de la saison des pluies conviendrait mieux également pour commencer les applications fongicides à l'effet de les rendre efficaces sur la sporulation des *Phytophthora*, champignons responsables de la pourriture brune.



7 **REFERENCES**

- Babacauh, K.D. 1975. Evolution de la pourriture brune dans les conditions naturelles de la cacaoyère ivoirienne. Café Cacao Thé 19, 293-301.
- Babacauh, K.D. 1980. Structure et dynamique des populations de *Phytophthora sp.* parasite du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) Thèse Docteur d'Etat, Université d'Orsay N°2344, 180 pages.
- Blaha, G. and Lotode, R. 1976. A selection criterion of main importance for the cocoa tree in Cameroon: The resistance to black pod disease (*Phytophthora palmivora*) Café-Cacao-Thé (Paris) vol. 20(2): 97-116.
- Brasier, C.M. and Griffin, M.J. 1979. Taxonomy of *Phytophthora palmivora* on cocoa. Transactions of the British Mycological Society 72(1): 111-143. 4.
- Brasier, C.M. and Hansen, E.M. 1992. Evolutionary Biology of *Phytophthora*, Part. II: Phylogeny, speciation, and population structure. Annu. Rev. phytopathol. 30: 173-200.
- Direction de la protection des végétaux, 2011. Catalogue phytosanitaire de la Côte d'Ivoire. Ministère de l'agriculture. decembre2011. 98p.
- Carisse, O. and Kushila A.C. 1989. Effect of media, PH and Temperature on spore production and of inoculum concentration on number of lesion produced by *Cercospora carotae*. Phytopathology 70: 119-124.
- De weille, G.A. 1964. Forecasting crop infection by the potato blight fungus. K. Ned.Meterologish Inst. Meded. Verh. 82. 144PP.
- Duniway, J.M. 1979. Water relation of water molds. Annu. Rev. Phytopathol. 17: 431-460.
- Gorbaz, R. 1995. Lutte chimique contre les rouilles, *Puccinia asparagi* D.C. dans une culture d'asperges vertes. In Revue Suisse de Viticulture arboriculture, vol 27 No 2 pages 123-127
- Girard, H. 2004. Le cuivre : Origine, usage, et différentes formes. Journées techniques de viticulture biologique Avignon les 8 e t9 décembre 2004 Ed. ITAB. PARIS. pp 72-89.
- Mac Donald, J.D. and Duniway, J.M. 1978. Temperature and water stress effects on sporangium viability and zoospore discharge in *Phytophthora cryptogea* and *P. megasperma*. Phytopathology 68 : 1449-1455.
- Rocher, F. 2004. Lutte chimique contre les champignons pathogène : Evaluation de la systémie phloèmienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateur de réactions de défense. Thèse pour l'obtention de grade de Docteur de l'université de Poitier Faculté des sciences Fondamentales et appliquées, 12 octobre 2004
- Kebe, B., N'guessan, F.K., Keli, J.Z., Bekon A. K. 2001. Cocoa IPM research and implementation in Côte d'Ivoire. In proceedings of the West African Regional Cocoa IPM Workshop, Benin . November 2001. 46- 51
- Koné, Y.R. 1999. Etude de la structure actuelle des populations de *phytophthora spp.* Agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*théobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Mémoire de Diplôme d'Agronomie Approfondie option défense des cultures ESA Yamoussoukro 111p.
- Leroux, P. 2003a. Fungicide resistance in plant pathogens: A phenomenon difficult to manage. Phytoma 566 :36-40
- Leroux, P. 2003b. Modes d'action des produits phytosanitaires sur les organismes phytosanitaires pathogènes des plantes. CR Biologies 326 9-21
- N'guessan, K. F. and Coulibaly, N. 2000. Dynamique des populations de mirides et de quelques autres déprédateurs du cacaoyer dans la région Ouest de la Côte d'Ivoire. Actes de la treizième conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Kota Kinabulu, Sabah, Malaysia (in presse).
- Nyasse, S. 1992. Structure d'une population de *Phytophthora sp.* des cacaoyères Camerounaises atteintes de pourriture brune. Mémoire (DRU), ENSAT, INPT : 48 pp.



- Opoku, I.Y. 1997. *Phytophthora megakarya* in Ghana. In coped newsletter n°1: 4-5.
- Pohe, J. 1996. Contribution à l'étude de la pourriture du cœur et de la chute des noix immatures du cocotier dues à *Phytophthora katusrae* (KO et CHANG) en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 13 décembre 1996. 179p.
- Pohe, J. 1999. Factors involved in the Development of nut fall due to *Phytophthora katusrae* in Ivory Coast. Tropicultura, 1998-99. 16-17.3. pp150-153
- Simmonds, N.W. 1988. Principes d'amélioration génétique des végétaux. Traduit de l'anglais par ST. Pierre C.A. les presses de l'Université Laval Québec, 406 P.
- Zentmyer, G.A. 1988. Taxonomic relationships and distribution of species of *Phytophthora* causing black pod of cocoa. X intern, cocoa research conf. Santo Domingo, Dominican Republic: 391-395