

Influence du niveau d'entretien des parcelles de cacaoyers et du taux de couverture foliaire sur le développement de la pourriture brune des cabosses à Petit-Bondoukou, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Titre court : Influence de l'entretien des parcelles et de la couverture foliaire sur la pourriture brune des cabosses

Franck Zokou Oro^{*±1}, Hermann-Desiré Lallie², Gaston Koffi Kouamé¹, Junior Konan¹ and Hortense Atta Diallo³

Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer l'influence du niveau d'entretien des parcelles et du taux de couverture foliaire des cacaoyers sur le développement de la pourriture brune. L'étude a été conduite à Petit Bondoukou, dans le département de Soubré, au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. L'étude prospective a consisté à faire un échantillonnage sur quatre plots, dans lesquels dix cacaoyers atteints de pourritures ont été observés. Pour chaque arbre test, deux échantillons de cabosses pourries ont été prélevés pour constituer les données moléculaires afin d'identifier les différentes espèces de *Phytophthora sp.* Les variables épidémiologiques sont relatives au nombre total de cabosses sur chaque arbre test, au nombre de cabosses pourries, au taux de couverture foliaire de chaque arbre test et au niveau d'entretien de la parcelle test. L'analyse comparative de la prévalence de la pourriture brune en fonction du taux de couverture foliaire a montré une relation significative. Les résultats de l'analyse moléculaire ont permis d'identifier la présence de *Phytophthora palmivora* sur le site de Petit Bondoukou. Les résultats de l'analyse statistique ont montré que le niveau d'entretien des parcelles et le taux de couverture foliaire des cacaoyers sont des facteurs épidémiologiques qui expliquent le développement de la pourriture brune à Petit Bondoukou.

Mots clés : Cacaoyers, niveau d'entretien, taux de couverture foliaire, pourriture brune, Côte d'Ivoire.

Abstract

The objective of this work was first to identify the different *Phytophthora* species responsible for the cocoa black pods disease, then to determine the influence of maintenance level of plot and the rate of cover foliar of cocoa trees. The study was conducted in Petit Bondoukou, in the department of Soubré, southwest of Côte d'Ivoire. The prospective study consisted of sampling on four plots, in which ten cocoa trees affected by black pods disease were observed. For each test tree, two samples of black pods were sampled to constitute molecular data in order to identify the different species of *Phytophthora sp.* The epidemiological variables relate to the total number of pods on each test tree, the number of black pods, the leaf cover rate of each test tree and the maintenance level of the test plot. Comparative analysis of the prevalence of black pods disease as a function of foliar cover rate showed a significant relationship. The results of the molecular analysis made it possible to identify the presence of *Phytophthora palmivora* at the Petit Bondoukou site. The results of the statistical analysis showed that the maintenance level of plot and foliar cover rate of cocoa trees are epidemiological factors that explain the development of black pods disease at Petit Bondoukou.

Key-words: Cocoa trees, maintenance level, rate cover foliar, black pods disease, Côte d'Ivoire.

¹Département de biologie végétale, Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY. BP 1328 Korhogo

²Département de biochimie-génétique, Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY. BP

1328 Korhogo.

³Unité de Recherche en Phytopathologie, Département de Protection de Végétaux et de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua.

02 BP 801 Abidjan 02

Corresponding author: (franckoro@yahoo.fr) Téléphone: 00 225 58861510

INTRODUCTON

Le cacaoyer (*Theobroma cocoa L.*) est une plante pérenne tropicale de la famille des Malvaceae (Motamayor et al., 2002) anciennement classée dans la famille des Sterculiaceae (Metcalfé et Chalk, 1950). Le cacaoyer est originaire d'Amérique du sud et son centre d'origine se situe dans le bassin amazonien (Motamayor et al., 2002). La culture cacaoyère a été introduite dans divers pays d'Afrique de l'Ouest comme le Ghana, le Cameroun, le Nigeria, le Togo et la Côte d'Ivoire où d'importantes plantations ont été créées (Janny et al., 2003). L'extension des vergers cacaoyers en Côte d'ivoire a été liée à la disponibilité foncière et à une politique de prix rémunérateur attractif. C'est la raison pour laquelle la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de cacao depuis 1977 (Tano, 2012). Cette culture a donc une grande importance dans l'économie ivoirienne ou elle représente 40% des recettes d'exportation et contribue à hauteur de 15% du produit intérieur brut (PIB) (Tano, 2012) avec une production

annuelle de plus 1,5 million de tonnes (Serges, 2014). Toutefois, ces importants acquis socio-économiques liés à la production du cacao en Côte d'Ivoire ne doivent pas faire perdre de vue les nombreuses contraintes liées aux maladies, aux ravageurs et à la fluctuation des prix du marché (Freud et al., 2000). Les conséquences engendrées par ces contraintes sont la baisse de la production et l'augmentation de la pauvreté en milieu rural. En Côte d'Ivoire, la pourriture brune des cabosses et le Swollen shoot sont les deux principales maladies qui menacent fortement la production du cacao.

En Côte d'Ivoire, la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora spp* cause d'importants dégâts de l'ordre de 44% de pertes de récoltes (Kouakou et al., 2014). Dans les zones les plus favorables à la maladie, les pertes peuvent atteindre 80% de la récolte (Koua et al., 2018). La pourriture brune des cabosses est une maladie fongique provoquée par *Phytophthora sp*, dont les espèces les plus connues sont *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya* (Kébé et al., 2009). En Côte

d'Ivoire, le *Phytophthora megakarya* qui n'existait pas dans les plantations cacaoyères commence aussi à se propager de manière importante. Cette espèce est la plus agressive (Brasier et Griffin, 1979) contrairement à *P. palmivora* qui est le moins agresseur et l'espèce la plus répandue. De plus la prévalence de *P. megakarya* est mal connue en Côte d'Ivoire, car plusieurs facteurs sont responsables du développement de la pourriture brune des cabosses (Akrofi, 2015). Il s'agit des facteurs de dispersion de la maladie qui comprennent les insectes, divers animaux dont les rongeurs et aussi l'homme. Cependant, la maladie de la pourriture brune des cabosses se propage plus vite quand l'humidité est importante. En effet, celle-ci est favorisée par un ombrage dense lorsque la densité de plantation est forte ou lorsqu'il y a dans la parcelle une forte présence des arbres d'ombrage avec un enherbement très important ou la proximité d'un cours d'eau (CCC, 2015). Par ailleurs, des études réalisées par Gidoïn (2013) au Cameroun ont révélé que l'abondance des arbres d'ombrage autre que les cacaoyers et la densité élevée en cacaoyers favorisent le développement de la pourriture brune des cabosses et l'installation des insectes ravageurs.

L'objectif général de cette étude est donc de déterminer l'influence du niveau d'entretien des parcelles et le taux de couverture foliaire des cacaoyers sur le développement de la pourriture brune des cabosses de cacao. Il s'agit plus spécifiquement d'identifier d'abord les différentes espèces de *Phytophthora sp* responsables de la pourriture brune, ensuite de déterminer la relation entre la prévalence de la pourriture brune et le niveau d'entretien des parcelles d'une part, et enfin d'établir la relation entre la prévalence de la pourriture brune et le taux de couverture foliaire des cacaoyers.

Matériel et méthode

Zone d'étude

Cette étude est conduite à Petit Bondoukou, dans le département de Soubré (Figure 1). Le département de Soubré est une zone forestière dont la végétation est essentiellement dominée par la forêt dense avec un sol profond, perméable et bien drainé pouvant répondre donc à tout type de culture et particulièrement la culture de cacaoyers. La région de la Nawa (département de Soubré) constitue la première zone cacaoyère de la Côte d'Ivoire avec un climat de type équatorial localement appelé « climat attiéen » (N'Guettia, 2015). Ce climat est caractérisé par de fortes précipitations qui oscillent selon l'année et le lieu entre 1400 mm et 1600 mm de pluie. L'humidité atmosphérique est élevée (90%) avec une faible variation annuelle d'amplitude thermique (28°C) et une alternance d'une longue saison pluvieuse et d'une courte saison sèche (N'Guettia, 2015). Cette région est menacée par les deux plus grandes maladies de la culture cacaoyère, à savoir, le Swollen shoot et la pourriture brune des cabosses du cacao. Ces deux fléaux font baisser la production cacaoyère de cette région.

Méthodes

Dispositif expérimental

L'expérimentation a eu lieu sur des plantations paysannes de cacao à partir des enquêtes de prospection pour avoir les données relatives à *Phytophthora sp*. Les enquêtes ont été réalisées suivant le protocole LDSF (Land Degradation Surveillance Framework) (Diby et al., 2014). Le LDSF a été mis au point

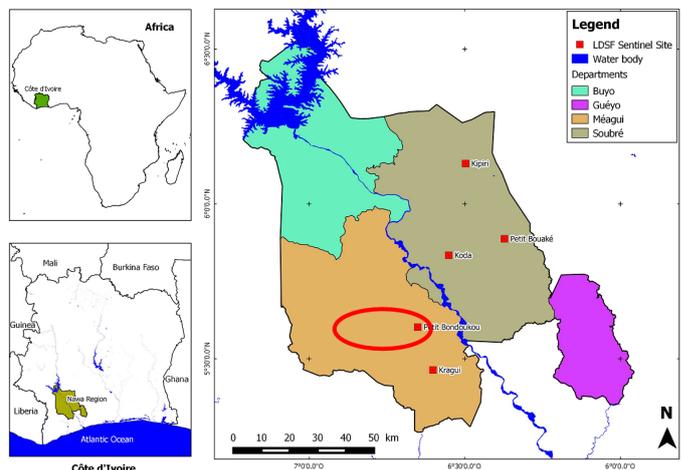


Figure 1 : Carte de la zone d'étude (Diby et al., 2014).



Figure 2 : Matériel de collecte de données (Photo prise par Koigny Juslin)

par des chercheurs de l'ICRAF Nairobi pour suivre au niveau de toute l'Afrique de l'Ouest les sols propices à l'agriculture. Ce protocole a été adapté dans le cadre de cette étude pour des enquêtes épidémiologiques de la pourriture brune causée par *Phytophthora sp*. Le dispositif LDSF représente un site sentinelle de 10 Km × 10 Km. Le site est divisé en 16 Clusters de 2,5 Km × 2,5 Km (Figure 3). Chaque cluster comprend plus de 100 points d'observation, appelés plots. Autour du point, une zone d'observation de 300 mètres de rayon a été délimitée pour la collecte de données épidémiologiques de la pourriture brune (Figure 4). Dans le cas de cette étude, les enquêtes ont été réalisées uniquement dans quatre (04) plots sur le site de Petit-Bondoukou.

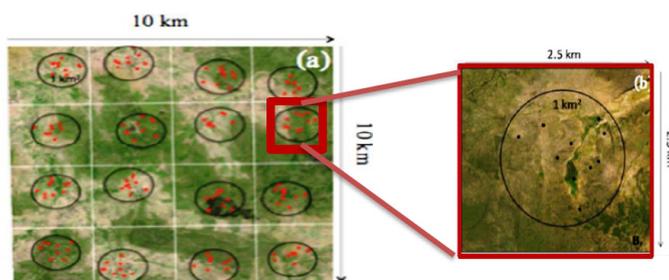


Figure 3 : Dispositif Land Degradation Surveillance Framework (LDSF) (Diby et al., 2014)

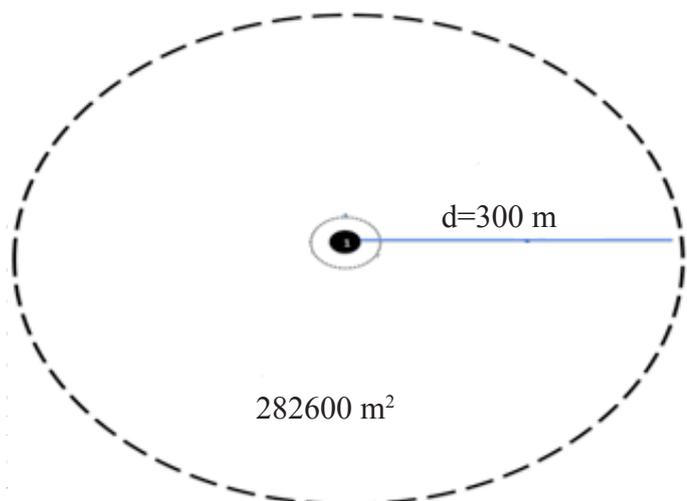


Figure 4 : Zones d'observation et de collecte des données de *Phytophthora sp* (Diby et al., 2014)



Figure 5 : Cabosses de cacao au champ avec symptômes de pourriture brune (Photos prises par Koigny Juslin)



Figure 6 : Prélèvement d'échantillon de cabosses et conditionnement de cabosses pourries. (A) Echantillonnage d'explants de cabosses pourries, (B) Mis en culture temporaire sur milieu favorable à *Phytophthora sp* (Photos prises par Koigny Juslin).

Collecte des données *Phytophthora*

Les observations sont réalisées dans un rayon de 300 m du plot, où dix (10) cacaoyers au moins portant des symptômes de pourriture brune ont été échantillonnés (Figure 5). Pour chaque arbre test, le nombre total de cabosses a été dénombré, ainsi que le nombre de cabosses atteintes de la pourriture brune. Ces données ont constitué les données épidémiologiques. Pour les données moléculaires, au moins deux échantillons de cabosses pourries ont été prélevés sur chaque arbre test. Ces cabosses pourries ont été, conditionnées dans du papier journal pour ralentir le développement de *Phytophthora sp*, puis étiquetées

avec un code identifiant. Une fois au laboratoire, les échantillons de cabosses pourries ont fait l'objet d'une coupe transversale suivant le front de progression de la tâche de pourriture (Figure 6A), puis un petit morceau du cortex pourri (explant) a été prélevé et conditionné dans un tube eppendorf en présence d'un milieu de culture favorable au développement de *Phytophthora sp* (Figure 6B). Les différents tubes ont été étiquetés avec les codes correspondant à l'identifiant de l'échantillon de cabosse. Ces données ont été consignées dans une fiche d'enquête de terrain préalablement conçue pour constituer des données physiques. Pour chaque arbre test, les coordonnées géographiques (Latitude, Longitude) ont été relevées pour constituer des données cartographiques.

Collecte des données de pratique culturale

Les données de pratique culturale sont relatives au niveau d'entretien du plot et au taux de couverture foliaire des arbres tests. Le niveau d'entretien est une donnée qualitative qui est caractérisé par le désherbage du plot et l'égourmandage des cacaoyers. Cette donnée est à deux modalités : soit le plot est entretenu ou non entretenu. Le taux de couverture foliaire est une variable qualitative à trois modalités : le taux de couverture faible, le taux de couverture moyen et le taux de couverture fort. Le taux de couverture faible est caractérisé par un arbre qui présente un aspect chétif et un faible ombrage. Les arbres à couverture faible sont moins productifs et ont tendance à perdre leurs feuilles tout au long de la saison. Par contre, le taux de couverture fort est représenté par des arbres avec un fort ombrage et une couronne couvrante. Ces arbres sont également apparemment sains et très productifs. A l'intermédiaire du taux de couverture faible et du taux de couverture fort, se situe les arbres à taux de couverture moyenne.

Détermination de la prévalence de la pourriture brune

La prévalence de la pourriture brune est obtenue à partir du ratio entre le nombre de cabosses pourries et le nombre total de cabosses sur l'arbre dans le plot, selon l'équation 1. Par ailleurs, la prévalence de la pourriture brune de chacune des espèces de *Phytophthora* a également été déterminée à partir du ratio entre le nombre de cabosses infectées par chaque espèce et le nombre total de cabosses échantillonnées sur le site. Cette prévalence a été obtenue selon l'équation 2.

$$(1) \quad P \text{ Phyto } (\%) = \frac{\text{Nombre de cabosses pourries}}{\text{Nombre total de cabosses échantillonnées}} \times 100$$

$$(2) \quad P \text{ Phyto sp } (\%) = \frac{\text{Nombre de cabosses infectées par l'espèce}}{\text{Nombre total de cabosses échantillonnées sur le site}} \times 100$$

P Phyto : Prévalence de la pourriture brune

P Phyto sp : Prévalence de chaque espèce de *Phytophthora*

Analyse moléculaire et identification des espèces de *Phytophthora sp*

L'analyse moléculaire des données de pourriture brune des cabosses a été réalisée à l'Unité Mixte de Recherches Biologie et Génétique des Interactions Plante-Parasite du CIRAD à Montpellier en France. Cette analyse a permis d'identifier les différentes espèces de *Phytophthora*. Après un diagnostic sur la base des symptômes de la pourriture brune au champ, un

prélèvement de petits morceaux de cortex de cabosses pourries est effectué à partir d'une coupe transversale. Ces explants de cabosses sont conditionnés dans des tubes eppendorf en milieu favorable à *Phytophthora sp.* Chaque cacaoyer échantillonné a été géolocalisé avec le GPS Garmin. Au laboratoire, les explants échantillonnés ont été cultivés en boîte de Pétri sur le milieu "V8", qui se compose d'un 1/10 de cocktail de jus de légumes, gélose à 15g/L et CaCO₃ à 3g/L pendant 4 jours dans l'obscurité, à 25°C. Après 4 jours, les implants d'agar contenant du *Phytophthora* mycélium ont été retirés du front de croissance fongique avec un scalpel puis repiqués dans le milieu V8 dans les mêmes conditions décrites ci-dessus pendant 7 jours. Le mycélium résultant est utilisé pour l'extraction d'ADN. Dans le cas où les souches sont contaminées par d'autres champignons, plusieurs transplantations sur milieu de culture H₂O-Agar à 15g/L ont été nécessaires pour purifier la souche. Après purification, la souche est à nouveau cultivée sur le milieu "V8" à 25°C pendant 4 jours puis 7 jours à l'obscurité pour obtenir un mycélium typique de *Phytophthora sp.* Le mycélium obtenu après purification est utilisé pour l'extraction d'ADN. L'identification des différentes espèces de *Phytophthora* a été réalisée par PCR (Polymerase Chain Reaction) avec des amorces ITS spécifiques à chaque espèce (*P. megakarya* et *P. palmivora*).

Analyse statistique

L'analyse statistique a d'abord décrit les données de la variable quantitative c'est-à-dire la prévalence de la pourriture brune et des variables qualitatives mesurées sur le terrain (niveau d'entretien des parcelles tests et le taux de couverture foliaire des cacaoyers). Ensuite, l'analyse comparative a permis d'évaluer la relation entre la prévalence de la pourriture brune et les variables qualitatives. La description des données de prévalence de la pourriture brune a permis de déterminer les paramètres de la statistique de base afin de comprendre l'évolution et la dispersion de cette variable. Ensuite, pour les variables qualitatives, les différentes proportions de leur modalité ont été déterminées.

L'analyse comparative a consisté à étudier le lien entre les variables en effectuant des tests statistiques (test paramétrique ou non paramétrique). Après vérification de la normalité à l'aide du test de Shapiro-Wilk, le test de Levene a été utilisé pour vérifier l'homogénéité des variances. Les variances n'étant pas homogènes, le test de Kruskal-Wallis qui est le test alternatif non paramétrique de l'analyse de variance à un facteur a été effectué pour étudier l'influence du taux de couverture foliaire et l'influence du niveau d'entretien sur la prévalence de la pourriture brune. Ces tests statistiques ont tous été effectués au seuil de 5% sous le logiciel IBM SPSS Statistic 20.0.

Résultats et discussion

Résultats

Différentes espèces de phytophthora identifiées

Les résultats de l'analyse moléculaire ont montré que, seule *Phytophthora palmivora* existe sur le site de Petit-Bondoukou à une proportion de 8% contre 92% pour les autres espèces non identifiées (Tableau I). Cela explique que 3 arbres sur 40 arbres échantillonnés au total sont infectés par *Phytophthora palmivora*. L'espèce *Phytophthora megakarya* n'a pas été identifiée sur le site de Petit-Bondoukou.

Influence du taux de couverture foliaire sur la prévalence de la pourriture brune

Les résultats de l'analyse descriptive (Tableau II) montrent que la pourriture brune des cabosses sur le site de Petit Bondoukou a une prévalence comprise entre 21% et 39%. La moyenne de prévalence de la pourriture brune sur l'ensemble du site est de 32% ± 7%. Cela montre que l'infection est uniforme sur l'ensemble des plots échantillonnés. La description des données relatives au taux de couverture foliaire a montré que les cacaoyers à forte couverture foliaire sont plus dominants (63%) que les cacaoyers à taux de couverture moyen (25%) et faible (13%) (Tableau III). Les cacaoyers du site ont donc une bonne couverture foliaire. L'analyse de comparaison des moyennes de prévalence en fonction du taux de couverture foliaire des arbres par le test Kruskal-Wallis (Tableau V) a montré une différence significative ($p=0,022 < 0,05$). En effet, la prévalence de pourriture brune des cabosses est plus élevée dans le cas de fort taux de couverture foliaire.

Tableau I : Nombre d'arbres infectés par les différentes espèces de *Phytophthora* identifiés sur le site de Petit Bondoukou

Espèce de <i>Phytophthora</i>	Nombre d'arbre infectés	Pourcentage
<i>P. palmivora</i>	3	7,5
<i>P. megakarya</i>	0	0
Autres espèces	37	92,5
Total	40	100

Tableau II : Résultat de l'analyse descriptive de la prévalence de la pourriture brune des cabosses

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Prévalence phyto (%)	40	21,36	38,74	31,82	6,98

Tableau III : Taux de couverture foliaire des arbres tests

Taux de couverture foliaire	Effectifs	Pourcentage
Faible	5	12,5
Moyen	10	25
Fort	25	62,5
Total	40	100

Tableau IV : Niveau d'entretien des plots

Niveau d'entretien	Effectifs	Pourcentage
Non entretenu	15	37,5
Entretenu	25	62,5
Total	40	100

Tableau V : Résultat du test de Kruskal-Wallis entre la prévalence de *Phytophthora sp* et le

Récapitulatif du test d'hypothèse				
	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La distribution de Préval _{phyto} est identique sur les catégories de taux de couverture.	Test de Kruskal-Wallis à échantillons indépendants	,022	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significati est ,05.

Tableau VI : Résultat du test de Kruskal-Wallis entre la prévalence de *Phytophthora sp* et le niveau d'entretien.

Récapitulatif du test d'hypothèse				
	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La distribution de Préval _{phyto} est identique sur les catégories de Niveau d'entretien.	Test de Kruskal-Wallis à échantillons indépendants	,000	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significati est ,05.

Influence du niveau d'entretien sur la prévalence de la pourriture brune

La description des modalités de la variable niveau d'entretien a montré que la majeure partie des plots observés sont entretenus à raison de 63% contre 38% pour les plots non entretenus (Tableau IV). L'analyse de comparaison des moyennes de prévalence de la pourriture en fonction du niveau d'entretien des arbres par le test Kruskal-Wallis (Tableau VI) a montré une différence significative ($p = 0,000 < 0,05$). En effet, la prévalence de pourriture brune des cabosses est plus élevée dans le cas des parcelles non entretenues.

Discussion

Les espèces de *Phytophthora* identifiées

Les résultats de l'analyse moléculaire ont montré que les espèces de *Phytophthora* identifiées sur le site d'étude sont *Phytophthora palmivora* et d'autre espèces de *Phytophthora* qui n'ont pu être identifiées. *Phytophthora megakarya* bien que dominant dans d'autres sites de la région n'a pas été identifiée sur le site de Petit Bondoukou. Ce résultat est en accord avec les résultats des travaux de Babacauh (1980) qui a montré que la plupart des espèces de *Phytophthora* responsables de la pourriture brune sont *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora citrophthora*. De ce qui précède, les autres *Phytophthora sp* qui n'ont été identifiées dans le cas de cette étude pourraient être *Phytophthora citrophthora* ou *Phytophthora megakarya*. Malgré que *phytophthora megakarya* n'ait été identifié à Petit Bondoukou, d'autres recherches ont montré que cette espèce plus agressive que *phytophthora palmivora* est bien présente en Côte d'Ivoire (Kébé et al., 2001 ; Koné, 1999). En effet, l'introduction de *Phytophthora megakarya* serait due à la perméabilité des frontières et des échanges du matériel végétal avec le Ghana voisin où la maladie est endémique. Le développement de cette espèce en Côte d'Ivoire le serait davantage (Opoku, 1997).

Influence du taux de couverture foliaire sur la prévalence de la pourriture brune

L'analyse comparative entre le taux de couverture foliaire et la prévalence de la pourriture brune a montré que les arbres avec un taux de couverture foliaire fort avaient de manière

significative une forte prévalence de la pourriture brune des cabosses. En effet, le fort taux de couverture foliaire des arbres tests crée un microclimat humide favorable au développement de la pourriture brune. Medeiros (1976) relie l'évolution de l'épidémie aux conditions climatiques, en particulier l'humidité relative et la pluviométrie.

Influence du niveau d'entretien sur la prévalence de la pourriture brune

L'analyse comparative entre le niveau d'entretien des arbres tests et la prévalence de la pourriture brune a montré que les arbres tests entretenus avaient de manière significative une prévalence plus faible de la pourriture de cabosses que les arbres tests non entretenus. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les parcelles non entretenues ont une influence sur le développement de la pourriture brune dû à *Phytophthora sp*. Ces résultats sont corroborés par les travaux de Kouadjo et al (2002) qui ont souligné que la diminution du pouvoir d'achat des planteurs de cacao a contraint ceux-ci à s'orienter vers d'autres spéculations notamment les cultures vivrières, abandonnant les cacaoyers sans traitement, ni insecticide, ni défrichage, ni taille régulière des branches et ni récolte sanitaire. Toutes ces conditions prédisposeraient la cacaoyère à la pourriture brune qui se trouve actuellement à un taux d'infection compris entre 63 et 78% selon Pohe et al (2013). Une parcelle entretenue est aérée et permet la pénétration de quelques rayons de soleil, qui peuvent constituer un frein au développement de *Phytophthora*. Tarjot (1971) a établi que sous l'effet de l'éclairage, les fruits du cacaoyer sont moins sensibles que ceux non éclairés. En outre, Blaha (1983) a identifié la lumière comme un facteur inhibiteur de la croissance chez différentes espèces de *Phytophthora*. Efombagn (1999) a également montré que la croissance in vitro des isolats de *Phytophthora sp* est influencée par la lumière. Cette croissance est lente en lumière continue, rapide à l'obscurité et moyenne en lumière alternée (12 heures de lumière / 12 heures d'obscurité).

En clair, lorsqu'il y a une forte couverture foliaire et un bon entretien alors il y a un faible développement de *Phytophthora sp*. Par contre lorsqu'il y a une forte couverture foliaire et un non entretien de la parcelle alors, ceci constitue un nid de développement de *Phytophthora sp*, c'est le cas du site de Petit-Bondoukou.

Conclusion et perspectives

Cette étude avait pour objectif d'identifier d'abord les différentes espèces de *Phytophthora* responsables de la pourriture brune à Petit-Bondoukou, ensuite de déterminer l'influence du taux de couverture foliaire des cacaoyers et du niveau d'entretien des parcelles sur le développement de la pourriture brune des cabosses. Les résultats de l'analyse moléculaire ont montré que les différentes espèces de *Phytophthora* responsables de la pourriture brune dans cette zone sont *Phytophthora palmivora* et d'autres espèces de pourriture brune non identifiées dans le cas de cette étude. L'analyse statistique a montré que le niveau d'entretien des parcelles et le taux de couverture foliaire des cacaoyers sont des facteurs épidémiologiques qui expliquent le développement de la pourriture brune à Petit Bondoukou. La forte couverture foliaire des cacaoyers crée un microclimat humide favorable au développement de la pourriture brune. Le niveau d'entretien influence la progression de la pourriture brune

des cabosses dans les parcelles. Lorsque les parcelles ne sont pas entretenues, le risque de propagation de *Phytophthora sp* est élevé et en cas d'infection la progression devient plus rapide.

En définitif, le maintien d'entretien des parcelles de cacaoyers de façon régulière et la taille régulière des cacaoyers pourraient diminuer la pression de la maladie de la pourriture des cabosses.

Remerciements :

Nos remerciements vont à l'endroit de la Fondation Agropolis de Montpellier (France) à travers le projet E-SPACE qui a financé en partie ce travail. Nous remercions également le cabinet d'expertise en Agriculture et Développement Durable SAG SARL pour la collecte et le suivi des données.

Références bibliographiques

Akrofi A.Y. (2015): *Phytophthora megakarya*: Review on its status as a pathogen on cacao in West Africa. African crop science journal, vol. 23; No.1, pp.67-87.

Babacauh K. D. (1980) : Structure et dynamique des populations de *Phytophthora sp* parasite du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, 153p.

Blaha G. (1983) : Effet de la lumière sur *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya*, agents de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Etude préliminaire du phénomène de photo-inhibition observe sur *Phytophthora megakarya*. *Café Cacao Thé*, 27 (2).

Brasier C. M. et Griffin M. J. (1979): Taxonomy of *Phytophthora palmivora* on Cocoa. Transactions of the British Mycological Society, 72, 111-143.

Conseil Café-Cacao (CCC). (2015) : Manuel technique de cacao-culture durable. 13p.

Diby L., Kouassi G., N'guessan M., Yao E., Oro F., Aynekulu E., Kassin E., Kouamé C., Coe R., Shepherd K. (2014): Cocoa Land Health Surveillance: An evidence-based approach to sustainable management of Cocoa landscapes in the Nawa region, South-West Côte d'Ivoire. Working Paper 193, 34 p.

Efombagn M. I. B. (1999) : La pourriture brune des fruits du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) due à *Phytophthora megakarya* : caractérisation du pouvoir pathogène des isolats et de la résistance précoce de familles hybrides. Mémoire de fin d'études, FASA, Université de Dschang. 74 p.

Freud E.H., Petithuguenin P., et Richard J. (2000) : Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique Asie. Editions Karthala et CIRAD, Paris, 207 p.

Gidoin C. (2013) : Relation entre structure du peuplement végétal et bio-agresseurs dans les agroforêts à cacaoyer. Application à trois bio-agresseurs du cacaoyer : la moniliose au Costa Rica, la pourriture brune et les mirides au Cameroun. Thèse, Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques de Montpellier, 210 p.

Janny G. M., Vos B. J., Ritchie., Julie F. (2003) : Guide pour la formation des facilitateurs. CABI Biosciences, 114p.

Kébé B. I., Joseph M., Kouamé F. N., Prakash K. H., Gary S. S., et Aké S. (2009) : Isolement et identification de microorganismes indigènes de cacaoyères en Côte d'Ivoire

et mise en évidence de leurs effets antagonistes vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses. Sciences & Nature Vol.6 N°1: 71 - 82 (2009).

Kébé B., N'guessan F.K., Keli J.Z., and 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) : Étude de la structure actuelle des populations de *Phytophthora spp.* Agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Mémoire de Diplôme d'Agronomie Approfondie option défense des cultures ESA Yamoussoukro 111p.

Koua S. H., Coulibaly N. A. M-D., Alloueborand W. A. M. (2018) : Caractérisation vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. Journal of Animal & Plant Sciences, 2018. Vol.35, Issue 3 : 5706-5714.**Kouadjo J.M., Keho Y., Mosso R.A., Toutou K.G., Nkamleu et Gockowski J.** (2002) : Production et offre du cacao et du café en Côte d'Ivoire. Rapport d'enquête. International Institute of Tropical Agriculture, Yaoundé Cameroun. 100p.

Kouakou K. (2014) : Diversité moléculaire du CSSV (*Cocoa Swollen shoot virus*) et épidémiologie de la maladie du Swollen shoot du cacaoyer (*Theobroma cacao* l.) en côte d'ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université Felix Houphouët Boigny, 135p.

Medeiros, A. G. (1976) : Sporulation of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. In relation to epidemiology and control of cocoa black pod disease. Ph.D. Thesis, University of California, Riverside, 220 p.

Metcalfé et Chalk. (1950) : Anatomie des dicotylédons. Journal of Pharmacy and Pharmacology 1950. Vol 1 et 2, 862-863 pp.

Motamayor J C., Risterucci A. M., Lopez P A., Ortiz C. F., Moreno A., Lanaud C.

(2002): Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89 : 308-3, 153 p.

N'Guettia A.M.C. (2015) : Efficacité de doses de deux formulations de Movento (Ketoenoles) contre les cochenilles farineuses, vectrices du virus Swollen shoot du cacaoyer dans la localité de Soubré (Sud-ouest de la Cote d'Ivoire). Mémoire de Master de l'Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 58 p.

Opoku I.Y., (1997): *Phytophthora megakarya* in Ghana. In coped newsletter n°1 : 4-5.

Pohe J., Koula J., Rabe G R., Dezai L R. (2013) : Agressivité de la pourriture brune des cabosses de cacaoyer dans le sud-est de la Cote d'Ivoire. Journal of Animal & Plant Sciences, 2013. Vol.20, Issue 2 : 3126-3136. ISSN 2071-7024.

Serges T. (2014) : Cote d'Ivoire : 1,74 million de tonnes de cacao récoltées en 2013-2014, record historique, Economie AFP, 6p.

Tano M.A. (2012) : Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Meadji au Sud- Ouest Ivoirien. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, France, 242p.

Tarjot M. (1971) : Nouvelle contribution à l'étude de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. En Côte d'ivoire. *Café Cacao Thé*, 16 (1) : 3 1 -4 8.