

Comparaison de l'effet du biostimulant Banzaï et de l'engrais sur la pourriture des cabosses du cacaoyer dans le département de Toumodi, Centre-Est de la Côte d'Ivoire.

Franck Zokou Oro^{*1}, Hermann-Desiré Lallié², Souleymane Silué², Dominique Sanouidi¹ and Hortense Atta Diallo³

¹Department of de Plant biology, Faculty of Biological Sciences, Peleforo GON COULIBALY University. BP 1328 Korbogo

²Department of Genetics-Biochemistry, Faculty of Biological Sciences, Peleforo GON COULIBALY University. BP 1328 Korbogo.

³Phytopathology Research Unit, Department of Plant and Environmental Protection, Nangui Abrogoua University. 02 BP 801 Abidjan 02

*Corresponding author : franckoro@yahoo.fr

Mots clés : Cacaoyer, pourriture brune des cabosses, Banzaï, biostimulant, Côte d'Ivoire

Keywords: Cocoa trees, Black pod disease, Banzaï, Biostimulant, Côte d'Ivoire.

Publication date 31/07/2020, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RESUME

L'objectif général de cette étude était de comparer l'effet du biostimulant Banzaï et de l'engrais (SUPERCAO et le précédent engrais) sur la pourriture des cabosses. De manière plus spécifique, il s'agissait d'une part d'évaluer l'effet du nombre d'applications du biostimulant Banzaï et d'autre part évaluer l'effet cumulé du précédent engrais et de Banzaï. L'expérimentation a été conduite à N'Gouamoinkro dans le département de Toumodi. Le dispositif est constitué d'un bloc de Fischer avec six traitements répétés trois fois et contenant chacun 20 cacaoyers tests. Ce dispositif a été reproduit sur deux sites dont l'un avec précédent engrais (DAE) et l'autre sans précédent engrais (DSE). Le biostimulant Banzaï a été appliqué pendant trois ou quatre mois consécutifs en fonction du traitement sur chaque site. L'engrais SUPERCAO a été appliqué deux fois au cours de l'expérimentation. Les données collectées ont porté sur le nombre total de cabosses produites et le nombre de cabosses pourries. Les résultats obtenus ont révélé que sur les deux sites (DAE et DSE), les parcelles traitées avec le biostimulant Banzaï ont eu un meilleur contrôle de la pourriture des cabosses que les parcelles témoins. Sur le site du DAE, le contrôle de la pourriture des cabosses a été indépendant du nombre d'application du biostimulant Banzaï et de l'apport d'engrais. Sur le site sans précédent engrais (DSE), les trois applications du biostimulant Banzaï combiné à l'engrais SUPERCAO a eu un meilleur effet de contrôle que les trois applications de Banzaï sans engrais. L'effet cumulé du précédent engrais, et du biostimulant Banzaï, n'a pas eu d'impact positif sur le contrôle de la pourriture des cabosses.

Comparison of the effect of the biostimulant Banzaï and the fertilizer on Black pods disease in the department of Toumodi, Center-East of the Ivory Coast

ABSTRACT

The overall objective of this study was to compare the effect of the biostimulant Banzaï and the fertilizer (SUPERCAO and previous fertilizer) on black pod disease. More specifically, it involved evaluating the effect of the number of applications of the biostimulant Banzaï and, evaluating the cumulative effect of fertilizer and Banzaï. The experiment was carried out at N'Gouamoinkro in the department of Toumodi. The device consists of a Fischer block with six treatments repeated three times and each containing 20 test cocoa trees. This device was reproduced on two sites, one with previous fertilizer (DAE) and the other without previous fertilizer (DSE). The biostimulant Banzaï was applied for three or four consecutive months depending on the treatment at each site. The SUPERCAO fertilizer was applied twice during the experiment. The data collected related to the total number of pods produced and the number of rotten pods. The results showed that on the two sites (DAE and DSE), the plots treated with the biostimulant Banzaï had better control black pod disease than the control plots. On the DAE site, the black pod disease control was independent of the number of applications of the biostimulant Banzaï and the fertilizer supply. On the DSE site, the three applications of Banzaï biostimulant combined with SUPERCAO fertilizer had a better control effect than the three applications of Banzaï without fertilizer. The cumulative effect of the previous fertilizer, and the biostimulant Banzaï, had no positive impact on the control of black pod disease.

2 INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une culture pérenne originaire de la forêt amazonienne et de la famille des Malvaceae (Motamayor *et al.*, 2002). Historiquement, la culture du cacaoyer a été introduite en Afrique de l'Ouest au 20^{ième} siècle (Janny *et al.*, 2003). La culture du cacaoyer en Côte d'Ivoire représente 40 % d'exportation faisant de la Côte d'Ivoire le premier producteur mondial (FAO, 2011). La production du cacao en Côte d'Ivoire contribue à hauteur de 15% du produit intérieur brut (PIB) et occupe environ 6 millions de personnes (Tano, 2012) avec une production annuelle de 1 600 000 tonnes. Malgré, les performances socio-économiques liées à la production du cacao, la culture du cacaoyer fait face à plusieurs contraintes qui baissent la production (Koua *et al.*, 2018). Ces contraintes sont relatives à la fluctuation des prix du marché, à la réduction d'espaces cultivables arables, et notamment à la faible utilisation de fertilisants qui ont moins d'impact sur le sol (Freud *et al.*, 2000). De plus, d'autres les contraintes sont liées aux ravageurs et à la

maladie de la pourriture brune des cabosses (N'guessan *et al.*, 2016). La pourriture brune des cabosses est une maladie fongique dont l'agent pathogène est *Phytophthora* sp (Coulibaly *et al.*, 2013) représenté par *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya* qui sont les deux espèces les plus rencontrées en Côte d'Ivoire (Kébé *et al.*, 2009). Contrairement à *Phytophthora palmivora* qui est l'espèce la plus fréquente, *Phytophthora megakarya* est l'espèce la plus virulente et la moins répandue (Coulibaly *et al.*, 2013). Cette maladie s'attaque aux cabosses (Figure 1) provoquant une dépréciation des fèves de cacaoyers (Gidoïn, 2013). Les dégâts causés par ces deux espèces varient entre 60 et 100% de pertes de récolte si aucune solution n'ait apporté (Kouakou *et al.*, 2012). Pour lutter contre la pourriture des cabosses, plusieurs molécules chimiques ont été utilisées sans toutefois apporter des solutions définitives. Au contraire, la mauvaise utilisation de ces fongicides a été à la base des résistances des souches de *Phytophthora* sp provoquant ainsi une recrudescence de l'épidémie de la pourriture

brune (CNRA, 2017). De plus, ces produits chimiques provoquent l'aridité des sols. Au vu de cela, il importe d'avoir recours à des méthodes de lutte alternatives avec l'usage de biostimulants (Oro *et al.*, 2019). En effet, les biostimulants contiennent une gamme très large de substances qui peuvent améliorer le fonctionnement du sol, de la plante et des interactions entre sol et plante (EBIC, 2014). En dehors, de son rôle de fertilisant, certains biostimulants peuvent stimuler les défenses naturelles de la plante, apportant ici une solution protectrice durable (Faessel *et al.*, 2014). Cependant, l'efficacité des biostimulants dépend de plusieurs facteurs qui peuvent être liés à la variété des cultures, au stade de développement de la plante et des conditions environnementales (Faessel *et al.*, 2014). Bien que les biostimulants soient des produits biologiques, mais ils restent moins efficaces que les produits chimiques qu'ils remplacent difficilement (Faessel *et al.*, 2014). Mais contrairement à cela, l'action du biostimulant est immédiate que celle de l'engrais qui est plutôt rétrospectif (ARAG, 2017). La

plupart des biostimulants sont constitués de microorganismes, de substances naturelles et d'extraits minéraux (EBIC, 2014). C'est le cas du biostimulant Banzaï qui fait l'objet de cette étude. Ce biostimulant favorise la production de chérelles et de cabosses en limitant la chute des fleurs et stimule la vigueur des cabosses contre les maladies et stress extérieurs (Callivoire, 2015 ; Oro *et al.*, 2020). Cependant, très peu d'études ont été effectuées pour évaluer l'apport du biostimulant Banzaï dans la lutte contre la pourriture des cabosses. C'est dans cette optique que cette étude a été menée pour évaluer l'effet antifongique du biostimulant Banzaï et de l'engrais sur la pourriture des cabosses. De manière spécifique, il s'agira de :

- Évaluer l'effet du nombre d'applications du biostimulant Banzaï en fonction des différentes doses sur le contrôle de la pourriture des chérelles
- Évaluer l'effet cumulé du précédent engrais et des différentes doses de Banzaï sur le contrôle de la pourriture des chérelles.



Figure 1 : Symptômes visibles de la pourriture brune des cabosses de cacaoyers en plantation (Photo prise par Koffi Alain)

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Zone d'étude : L'étude a été réalisée sur le site de N'Gouamoinkro (5° 00' 00" Nord, 6° 15' 00" Ouest) dans le département de Toumodi (Figure 2). C'est une zone marginale qui est caractérisée par un relief peu accidenté, un climat tropical humide avec une pluviométrie moyenne comprise entre 1 000 et 1 200 mm par an, ainsi qu'une température moyenne de 30°C par an (Yao, 2007). Elle est

marquée par deux saisons pluvieuses (Mars à Juin et Octobre à Novembre) et deux saisons sèches (Juillet à Septembre et Novembre à Février) (Yao, 2007). La végétation de la zone d'étude est caractérisée par des forêts claires, des sols ferrallitiques et argilo-humifères ou hydromorphes adaptés à tout type de cultures vivrières et industrielles.

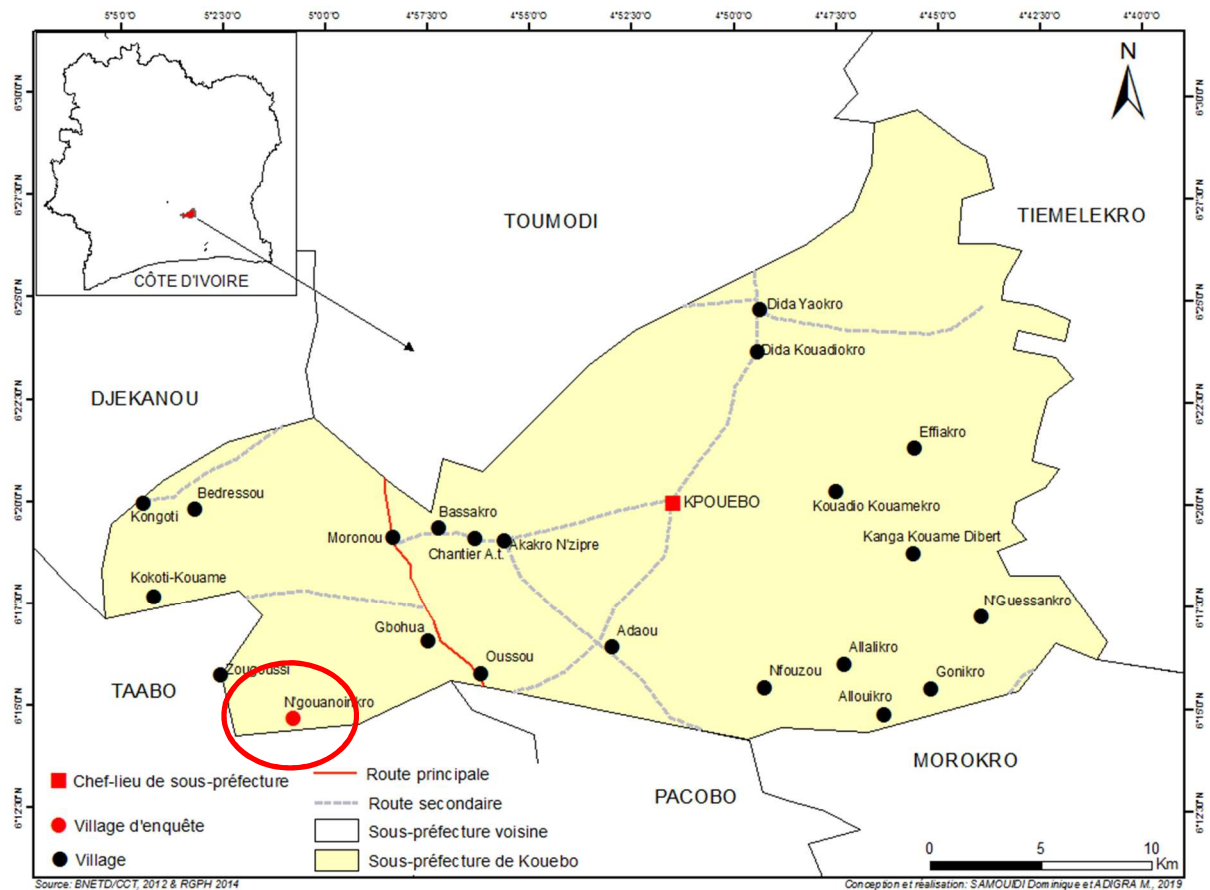


Figure 2 : Carte de la sous-préfecture de Kpouébo mettant en relief N'Gouamoin Kro, site d'expérimentation.

3.2 Dispositif expérimental et traitements : Le dispositif expérimental (Figure 3) utilisé est constitué d'un bloc de Fisher de six traitements ou parcelles élémentaires (T01, T02, T1, T2, T3 et T4) randomisés et répétés trois fois. Chaque parcelle élémentaire contient vingt cacaoyers tests. T01 représente le témoin sans application de Banzai mais avec un apport d'engrais, T02 est le témoin sans application de Banzai sans engrais, T1 est une parcelle constituée de trois applications de Banzai avec un apport d'engrais, T2 représente quatre applications de Banzai sans apport d'engrais, T3 consiste en trois applications de Banzai sans

apport d'engrais et T4 qui représente quatre applications de Banzai avec apport d'engrais (Tableau 1). Dans la zone d'étude, le dispositif expérimental a été installé sur deux sites. Un site avec précédent sans engrais (DSE) et un autre site avec précédent engrais (DAE). Le site à précédent engrais ou DAE est une plantation qui a reçu un apport d'engrais durant les trois dernières années avant la mise en place de l'essai. Le site à précédent sans engrais ou DSE est un champ de cacaoyer qui n'a pas fait l'objet d'un apport d'engrais au cours des trois dernières années précédant l'expérimentation.

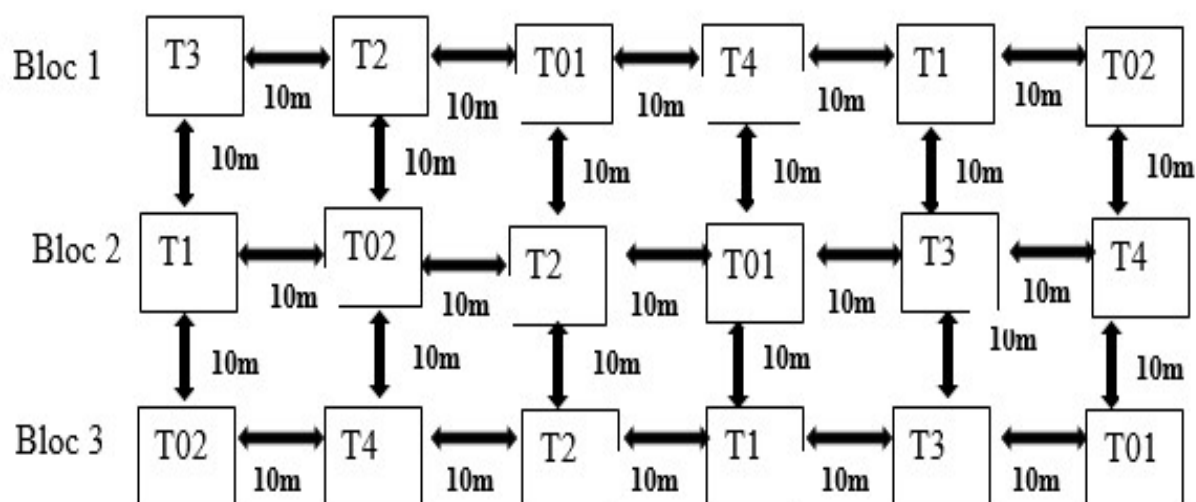


Figure 3 : Dispositif expérimental pour l'étude de l'effet du biostimulant Banzai sur le contrôle de la pourriture des cabosses du cacaoyer.

T01 : Témoin sans application de Banzai avec engrais

T02 : Témoin sans application de Banzai sans engrais

T1 : 3 applications de Banzai avec engrais

T2 : 4 applications de Banzai sans engrais

T3 : 3 applications de Banzai sans engrais

T4 : 4 applications de Banzai avec engrais

Tableau 1 : Nombre d'application du SUPERCAO et du Banzai

Traitements	SUPERCAO	Banzai
T01	++	-
T02	-	-
T1	++	+++
T2	-	++++
T3	-	+++
T4	++	++++

Engrais : (+) une application, (-) aucune application

Banzai : (+) une application, (-) aucune application

3.3 Conduite de l'essai et choix des sites :

La mise en place de l'essai a consisté en une enquête prospective qui a permis d'identifier les sites d'expérimentation et les parcelles appropriées à l'étude. Les parcelles tests ont été choisies en tenant compte de leur précédent cultural et de l'âge des plants tests. Les dispositifs mis en place sur chacun des sites d'expérimentation étaient constitués de blocs d'environ 1800 m² de surface chacun, soit 300 m² de surface pour chaque parcelle élémentaire. Les blocs d'expérimentation ont été délimités à

l'aide d'un décimètre et les limites ont été marquées par des poteaux. Dans chaque parcelle élémentaire, les arbres choisis ont été numérotés de 1 à 20. L'identification et le marquage des cacaoyers tests ont été suivis d'une récolte sanitaire en éliminant toutes les cabosses déjà pourries.

3.4 Application du biostimulant Banzai et de l'engrais SUPERCAO : Le produit Banzai a été appliqué aux parcelles élémentaires ou traitements (T1, T2, T3 et T4) des deux sites à l'aide d'un atomiseur. Il a été appliqué trois

mois ou quatre mois consécutifs selon le type de traitement. Les différentes doses de chacun des traitements ont été déduites à partir de la dose initiale (800ml/ha), soit 144 ml de Banzai dilué dans 16 L d'eau. Concernant l'engrais SUPERCAO, il a été épandu deux fois (juillet et août) au cours de l'étude dans les parcelles élémentaires T01, T1 et T4. L'engrais a été appliqué à une dose de 150 g par arbre dans un périmètre de 30 cm de rayon autour de chaque arbre test.

3.5 Observations et collecte de données :

Les observations ont été réalisées suivant chaque arbre test dans une limite de hauteur comprise entre 0 et 2,5 m au-dessus du sol. La collecte des données a porté sur deux paramètres dont le nombre total de cabosses produites et le nombre total de cabosses pourries. L'observation des cabosses a été réalisée tous les mois pendant neuf mois. A partir de ces données ont été déduites le taux de cabosses saines.

3.6 Analyse statistique des données :

L'analyse statistique a porté sur le taux de cabosses saines, qui représente le taux de contrôle de la maladie. Le taux de cabosses saines est la proportion des cabosses saines par

rapport aux cabosses produites (Equation 1). L'analyse descriptive a consisté à représenter la dynamique d'évolution du taux de cabosses saines par traitement et par période d'observation pour les deux sites à l'aide du tableur Excel 2013.

$$\text{Equation 1} \quad \text{TCS} = \frac{\text{NCP} - \text{NTCP}}{\text{NTCP}}$$

TCS : Taux de cabosses saines

NCP : Nombre de cabosses pourries

NTCP : Nombre total de cabosses produites.

L'analyse inférentielle a été utilisée pour comparer les taux moyens de cabosses saines par traitement. Ainsi, les boxplots ont d'abord été réalisées pour comparer la distribution du taux de cabosses saines par traitement. Ensuite, le test statistique de Kruskal-Wallis a été appliqué pour évaluer les différences observées entre les traitements et le témoin et entre les traitements eux-mêmes. Ce test a également permis de comparer les traitements d'un même site et d'un site à un autre. Enfin, une classification a été réalisée pour hiérarchiser les traitements en fonction de leur efficacité.

4 RESULTATS

4.1 Effet du nombre d'application de Banzai et de l'engrais SUPERCAO sur le taux de cabosses saines pour le site avec précédent engrais : La Figure 4 présente la dynamique d'évolution du taux de contrôle de la pourriture de cabosses par mois d'observation et par traitement pour le DAE. En dehors du mois d'octobre qui a enregistré un taux de cabosses saines relativement faible (52%), les autres mois ont enregistré des taux de cabosses saines supérieurs à 90%. De manière générale, les parcelles ayant reçues l'application du biostimulant Banzai ont eu des taux de cabosses saines plus élevés que les taux de cabosses saines issus des parcelles témoins avec des taux moyens respectifs de 89% contre 79% (Tableau 2). De manière particulière, les traitements T1, T3 et T4 ont eu les plus forts taux de cabosses saines, avec

une moyenne de 90% pour ces trois traitements contre 87% pour le traitement T2. Les témoins T01 et T02 ont enregistré les plus faibles taux de cabosses saines avec respectivement 79% et 80%. Les boîtes à moustache (Figure 5) qui représentent les taux de cabosses saines en fonction des traitements ont montré deux tendances. Une première tendance qui regroupe les deux témoins (T01 et T02) et une deuxième tendance regroupant toutes les parcelles traitées avec Banzai. Par ailleurs, le résultat du test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative ($p=0,00 < 0,05$) entre les taux des cabosses saines des parcelles traitées et ceux des parcelles témoins. Ce test a montré également d'une part, qu'il n'existait aucune différence significative entre les parcelles traitées elles-mêmes et d'autre part aucune différence

significative entre les témoins. Ce test a permis de regrouper les traitements en deux (02) classes descendantes A et B (Tableau 3). La classe A renferme les traitements T1, T2, T3 et T4 qui ont enregistré les taux de contrôle les plus forts (respectivement de 90%, 87%, 90% et 90%). La classe B est composé uniquement des témoins (T02 et T01). La différence significative observée entre les parcelles traitées et les parcelles témoins montre que le biostimulant Banzaï a eu un effet stimulateur sur le contrôle

des pourritures de cabosses. L'absence de différence significative entre les parcelles traitées elle-même indique que, les trois applications de Banzaï ont eu le même effet que les quatre applications sur le contrôle des pourritures de cabosses. L'absence de différence significative entre les témoins, montre aussi que l'engrais appliqué au cours de l'expérimentation n'a eu aucun effet sur le contrôle de la pourriture des cabosses.

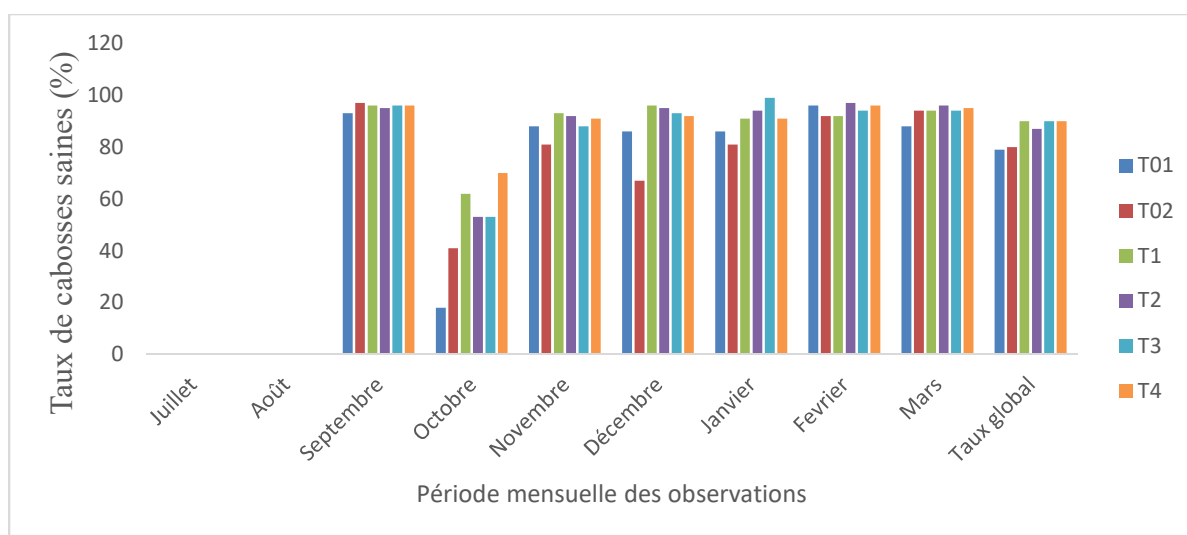


Figure 4 : Evolution des taux de cabosses saines pour le site avec précédent engrais par traitement et par mois.

Tableau 2 : Taux global de cabosses saines pour le site avec précédent engrais

Traitements	Nombre de cabosses produites	Nombre de cabosses pourries	Nombre de cabosses contrôlées	Taux global de cabosses saines
T01	2196	452	1744	79%
T02	2251	442	1809	80%
T1	3957	410	3547	90%
T2	3663	459	3204	87%
T3	3323	342	2981	90%
T4	3337	329	3008	90%
Total	18727	2434	16293	87%

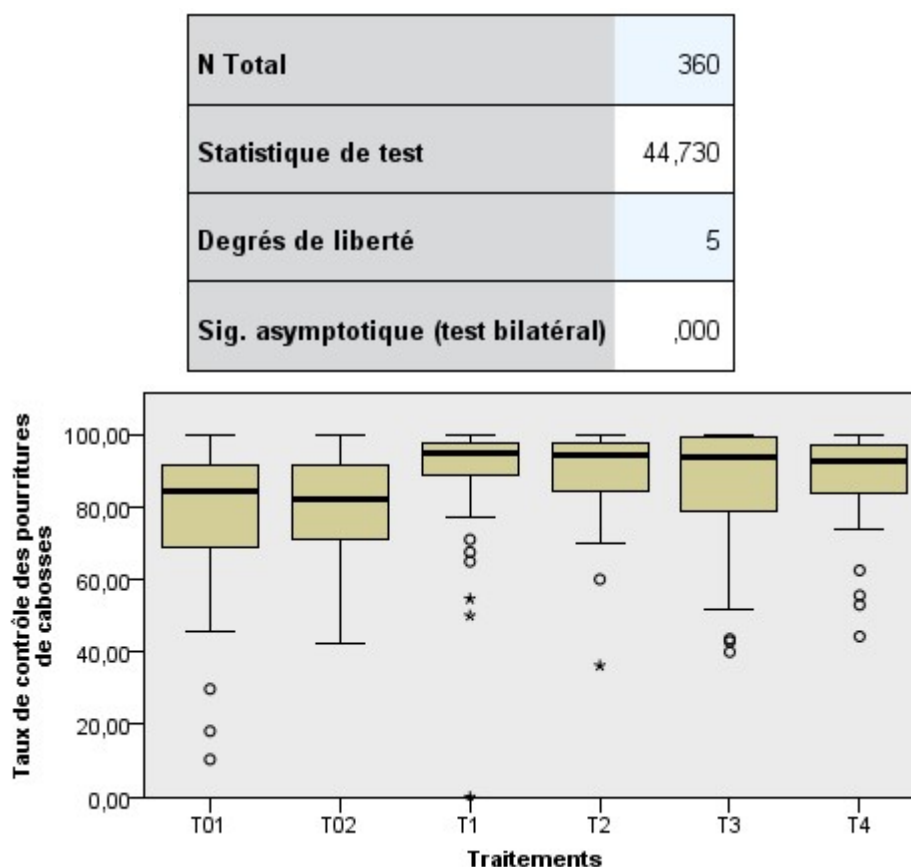


Figure 5 : Boîtes à moustaches représentant les taux de cabosses saines par traitement pour le site avec précédent engrais.

Tableau 3 : Classification des traitements en fonction du taux global de cabosses saines sur le dispositif avec précédent engrais

Traitements	Taux de cabosses saines	Groupes
T1	90%	A
T3	90%	A
T4	90%	A
T2	87%	A
T02	80%	B
T01	79%	B

4.2 Effet du nombre d'application de Banzaï et de l'engrais SUPERCAO sur le taux de cabosses saines pour le site sans précédent engrais : Les taux de cabosses saines dans le dispositif sans précédent engrais par traitement et par mois d'observation sont représentés dans la Figure 6. Cette figure montre que, les taux de cabosses saines restent faibles en Octobre pour tous les traitements y compris les

témoins comparativement aux autres mois ou les taux de cabosses saines sont importants avec un taux de moyen de cabosses saines de près de 91%. Les traitements T1, T2 et T3 ont enregistré les taux de cabosses saines les plus élevés avec un taux moyen de 92%, suivi du traitement T4 avec un taux de 88%, tandis que les plus faibles taux ont été obtenus avec les témoins T01 et T02 avec un taux moyen de 87% (Tableau 4). Les

boîtes à moustache (Figure 7) qui représentent les taux de cabosses saines en fonction des traitements ont montré deux tendances. La première tendance regroupe les traitements T1, T2 et T3 avec une médiane autour de 91%, ensuite la deuxième tendance avec les traitements T01, T02 et T4 avec un taux médian de 85%. Par ailleurs, le résultat du test de Kruskal-Wallis a indiqué une différence significative ($p=0,008<0,05$) entre les taux de cabosses saines des traitements et ceux des parcelles témoins. Ce test a aussi montré qu'il n'existait aucune différence significative entre les témoins. La classification a permis de ressortir trois groupes descendants selon leur efficacité dont A, AB et B (Tableau 5). La classe A renferme les traitements T1 et T2 qui ont enregistré les taux les plus élevés autour de 92%. La classe B qui regroupe uniquement les témoins est la classe qui a les taux de cabosses saines les plus faibles de près de 87%. La classe AB qui contient les traitements T3 et T4 est

intermédiaire du point de vue efficacité entre la classe A et la classe B, avec un taux moyen de 90% pour ces deux traitements. La différence significative qui existe entre les parcelles traitées et les témoins montrent que le biostimulant Banzaï a bien stimulé la résistance des cabosses contre les attaques de la pourriture. L'absence de différence significative entre les parcelles témoins T01 et T02 montrent que l'engrais seul n'a eu aucun effet positif sur le contrôle de la pourriture des cabosses. De même, la différence significative observée entre les parcelles T2 et T4, montre que la combinaison entre les quatre applications du biostimulant Banzaï sans engrais est meilleur sur le contrôle de la pourriture que les trois applications du biostimulant Banzaï avec l'engrais SUPERCAO. La différence significative observée entre les traitements T1 et T3 montre que la combinaison entre trois applications de Banzaï et l'engrais a mieux contrôlé la pourriture que les trois applications de Banzaï sans engrais.

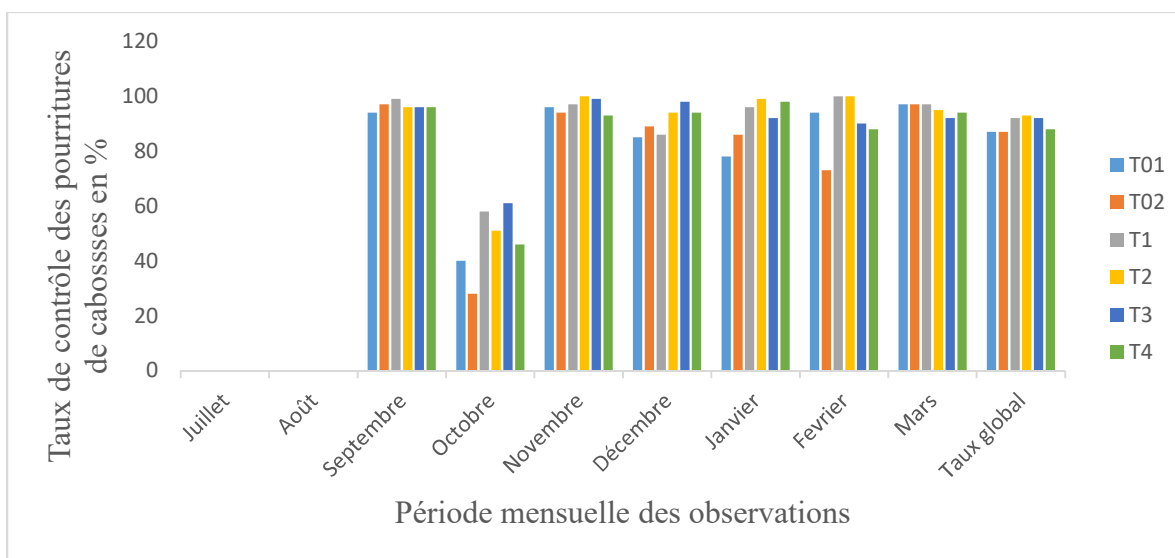


Figure 6 : Evolution des taux de cabosses saines par mois et par traitement pour le site avec précédent sans engrais (DSE).

Tableau 4 : Taux global de cabosses saines par traitement pour le site avec précédent sans engrais (DSE).

Traitements	Nombre de cabosses produites	Nombre de cabosses pourries	Nombre de cabosses contrôlées	Taux de contrôle de la pourriture des cabosses
T01	684	90	594	87%
T02	775	98	677	87%
T1	1142	86	1056	92%
T2	939	65	874	93%
T3	1061	84	977	92%
T4	1164	140	1024	88%
Total	5765	563	5202	90%

N Total	360
Statistique de test	15,613
Degrés de liberté	5
Sig. asymptotique (test bilatéral)	,008

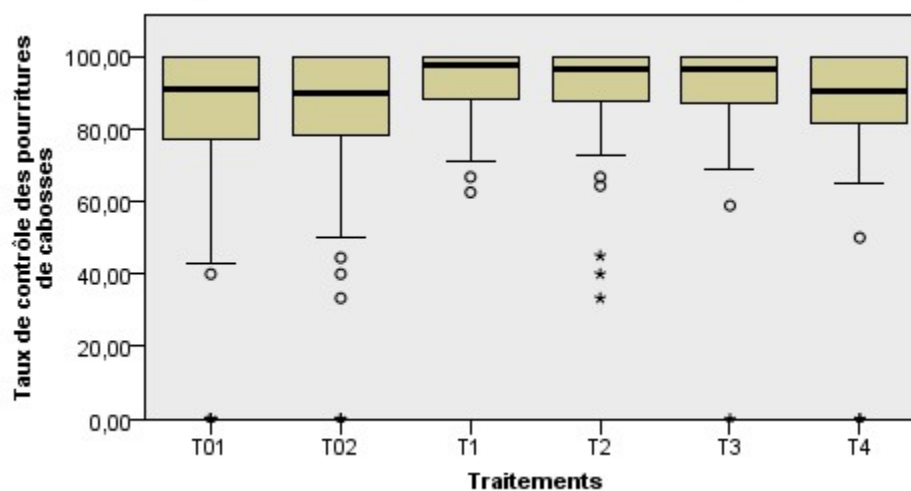


Figure 7 : Boîtes à moustaches représentant les taux de cabosses saines par traitement pour le site avec précédent sans engrais (DSE).

Tableau 5 : Classification des traitements en fonction du taux global de cabosses saines

Traitements	Taux global	Groupes
T2	93%	A
T1	92%	A
T3	92%	AB
T4	88%	AB
T02	87%	B
T01	87%	B

3.3 Effet cumulé de Banzaï et du précédent cultural sur le contrôle des pourritures de cabosses : La figure 8 représente les taux de cabosses saines des sites avec précédent engrais (DAE) et sans précédent (DES) durant la période d'observation et par traitement. Au niveau du DAE, les traitements T1, T3 et T4 ont enregistré les plus forts taux de cabosses saines de près de 90%, suivi de T2 avec 87% et les témoins avec un taux de contrôle moyen de 80%. Concernant le dispositif sans précédent engrais (DSE), le traitement T2 a enregistré le plus fort taux de cabosses saines avec 93%, suivi des traitements T1 et T3 avec une moyenne de taux de cabosses saines de 92% et de T4 avec 88%. Les témoins T01 et T02 ont les plus faibles taux de cabosses saines avec un taux moyen de 87% (Tableau 6). En considérant les deux dispositifs, les taux de contrôle des parcelles traitées du DSE sont plus importants comparés à ceux de DAE, excepté le traitement T4 au niveau duquel le taux de cabosses saines DAE est meilleur par rapport à celui de DSE. En ce qui concerne les parcelles témoins T01 et T02 des deux dispositifs, les taux de cabosses saines dans le DSE sont plus importants que ceux du DAE. Le biostimulant Banzaï a eu un meilleur effet positif sur le contrôle de la pourriture des cabosses sur le site DSE que sur le site DAE. La Figure 9 présente les boîtes à moustaches du taux de cabosses saines en fonction des traitements pour les deux dispositifs. De façon

générale, la médiane du taux de cabosses saines, pour chaque parcelle traitée du DSE est supérieure à celle du taux de cabosses saines pour chaque traitement du DAE. Trois tendances se distinguent dont la tendance qui renferme les parcelles traitées T1, T2 et T3 du DSE avec une médiane d'environ 93%, ensuite la tendance composée des traitements T1, T2, T3, T4 du DAE et T01, T02 et T4 du DSE avec une médiane d'environ 90%. Enfin la troisième tendance renferme les deux témoins T01 et T02 du DAE avec une médiane moyenne d'environ 83%. Le résultat du test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative entre les taux de cabosses saines des traitements des différents sites ($p=0,00<0,05$). Le test a permis de regrouper les traitements en trois classes descendantes A, AB et B (Tableau 7). Les traitements T1, T2, T3, T4 du DSE et T1, T2, et T3 du DAE constituent la classe A avec un taux de cabosses saines autour de 90%. Les traitements T2 du DAE et T01, T02 du DSE constituent la classe AB avec un taux moyen de 87%. La classe B avec un taux moyen d'environ 79% renferme les témoins du dispositif avec précédent engrais. L'absence de différence significative entre certaines parcelles traitées des deux dispositifs, montre que l'apport d'engrais durant les trois dernières années couplées aux applications de Banzaï a eu peu d'impact sur le contrôle de la pourriture des cabosses.

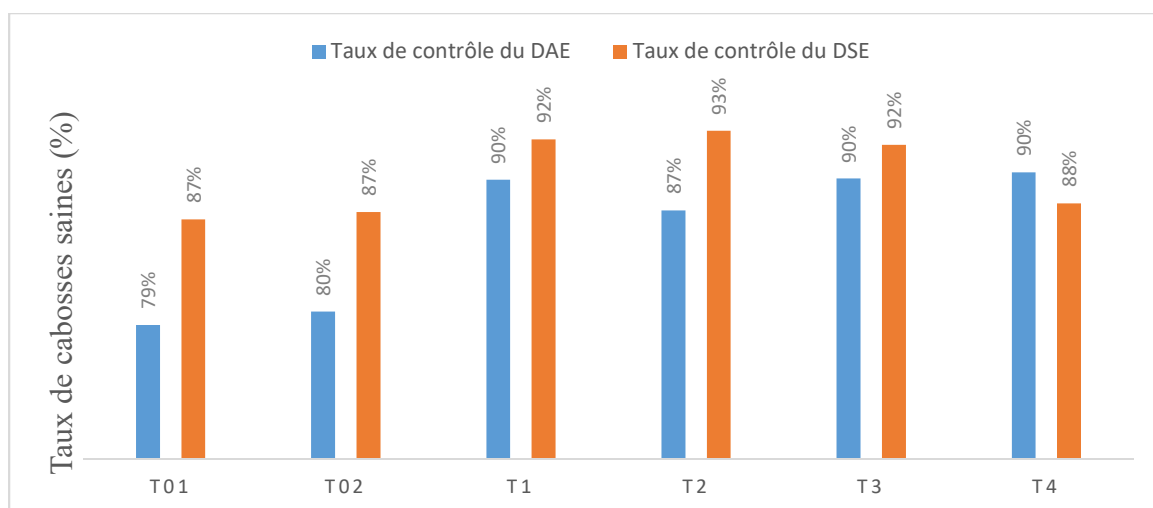


Figure 8 : Comparaison des taux de cabosses saines des deux sites (DAE et DSE) par traitement.

Tableau 6 : Comparaison des taux de cabosses saines des deux sites par traitement

Traitements	T01	T02	T1	T2	T3	T4	Taux global
Taux de cabosses saines du DAE	79%	80%	90%	87%	90%	90%	87%
Taux de cabosses saines du DSE	87%	87%	92%	93%	92%	88%	90%

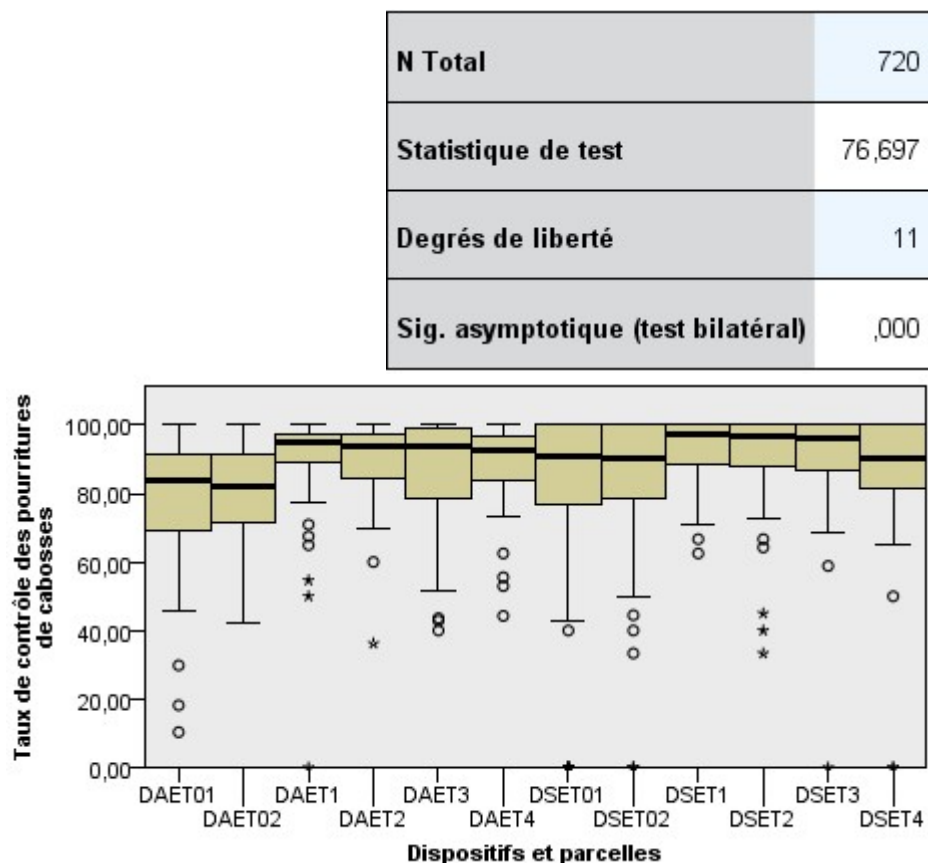


Figure 9 : Boîtes à moustaches représentant les taux de cabosses saines par traitement pour les deux sites DAE et DSE.

Tableau 7 : Classification des traitements en fonction du taux de cabosses saines

Traitements	Taux global	Groupes
DSE T2	93%	A
DSE T1	92%	A
DSE T3	92%	A
DAE T1	90%	A
DAE T3	90%	A
DAE T4	90%	A
DSE T4	88%	A
DAE T2	87%	AB
DSE T01	87%	AB
DSE T02	87%	AB
DSE T02	80%	B
DAE T01	79%	B

5 DISCUSSION

5.1 Effet de Banzaï sur le taux de cabosses saines : Le test statistique a montré d'une part que les parcelles traitées par le biostimulant Banzaï ont eu un meilleur contrôle de la pourriture des cabosses que les parcelles témoins quel que soit le site. En effet, les parcelles témoins T01 et T02, n'ayant pas reçu l'application de biostimulant Banzaï ont été soumis à une forte pression parasitaire notamment dû à l'agent pathogène de la pourriture (Kébé *et al.*, 2009) . Cela est élucidé par les forts taux de cabosses saines chez les parcelles traitées et les faibles taux de cabosses saines chez les parcelles témoins. Concernant le nombre d'application, il existe des différences d'un site à un autre. En effet, pour le site DAE, le test statistique a montré que trois applications de Banzaï ne diffèrent pas de quatre applications que ce soit en présence ou absence d'engrais. Dans le cas du site sans précédent engrais (DSE), l'efficacité du nombre d'application du biostimulant Banzaï est fonction de la combinaison faite avec l'engrais. En effet, les quatre applications de Banzaï sans engrais ont eu une meilleure efficacité que les trois applications de Banzaï avec de l'engrais. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Callivoire (2015) après un essai pilote avec Banzaï en Côte d'Ivoire, stipulant que Banzaï appliqué une fois par mois durant quatre mois consécutifs, stimule la vigueur des cabosses contre les maladies et les stress extérieurs (Faessel *et al.*, 2014 ; Oro *et al.*, 2020).

5.2 Effet cumulé de l'engrais et de Banzaï sur le contrôle des pourritures de cabosses : Concernant l'effet de l'engrais, le test statistique a montré que l'engrais utilisé au cours de l'expérimentation n'a pas eu d'effet positif sur

le contrôle des pourritures de cabosses quel que soit le site. L'effet cumulé de l'engrais SUPERCAO et du biostimulant Banzaï n'a pas eu d'effet escompté sur le site DAE quel que soit le traitement. Contrairement au site DAE, sur le site DSE trois applications de Banzaï avec engrais contrôle mieux la pourriture des cabosses que les trois applications sans engrais. L'effet de l'engrais est plus perceptible à partir de trois applications de Banzaï. A partir de la quatrième application de Banzaï, l'effet de l'engrais au cours de l'expérimentation s'estompe. Les résultats obtenus sur le seul effet de l'engrais sont en accord avec les résultats issus du rapport du Conseil Café-Cacao (2015) qui a montré que l'effet de l'engrais est visible à condition qu'il soit appliqué au moins deux fois pendant deux années successives (ARAG, 2017). De plus, les travaux réalisés par Oro et ses collaborateurs en 2020, ont montré que trois applications de Banzaï associés à l'engrais stimulaient la production des chérelles (Oro *et al.*, 2020). Dans l'ensemble les traitements du site sans précédent engrais (DSE) ont mieux contrôlé la pourriture des cabosses que les traitements du site avec précédent engrais (DAE). Du point de vue statistique, l'absence de différence significative entre certaines parcelles traitées des deux sites, montre que l'apport d'engrais durant les trois dernières années couplées aux applications de Banzaï a eu peu d'impact sur le contrôle de la pourriture de cabosses. Ce résultat montre que le contrôle de la pourriture des cabosses est indépendant du précédent engrais du site. En réalité, l'engrais ne joue pas le rôle d'un fongicide mais plutôt le rôle d'un stimulateur de production de cabosses comme le démontre ARAG (2017).

6 CONCLUSION

A l'issue de cette étude, il ressort que, le biostimulant Banzaï a été efficace aussi bien sur le site avec précédent engrais (DAE) que sur le site sans précédent engrais (DSE) sur le contrôle de la pourriture des cabosses en référence aux parcelles témoins. Spécifiquement, au niveau du

site avec précédent engrais (DAE), le contrôle de la pourriture des cabosses est indépendant du nombre d'application du biostimulant Banzaï et de l'apport d'engrais. Dans le cadre du site sans précédent engrais (DSE), les trois applications du biostimulant Banzaï combiné à l'engrais

SUPERCAO au cours de l'expérimentation a été meilleur que trois applications de Banzaï sans engrais. Cependant, à partir de la quatrième application de Banzaï, l'effet de l'engrais n'est pas significatif. De plus, l'engrais SUPERCAO

seul n'a pas eu d'impact positif sur le contrôle de la pourriture des cabosses. L'effet cumulé du précédent engrais, et du biostimulant Banzaï, n'a pas eu d'impact positif sur le contrôle de la pourriture des cabosses.

7 REFERENCES

- ARAG: 2017. *Theobroma cacao* L. groupe génétique "Guiana" Développement de la filière locale du Cacao guyanais Programme d'actions de l'association ARAG. 28p
- Callivoire : 2015. Callivoire. Fiche technique du biostimulant Banzaï.2p.
- Conseil Café Cacao (CCC) : 2015. Manuel du planteur de cacao.90 p.Coulibaly K., Kébé B., Koffi K., Mpika J and Koné D : 2013. Caractérisation des isolats de *Phytophthora* spp du verger cacaoyer de Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 70 :5567– 5579
- Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) : 2017. Bien lutter contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer en Côte d'Ivoire.4p
- Ebic (European biostimulants industry Council) : 2014. Promoting the biostimulant industry and the rule of plant biostimulants in making agriculture more sustainable. (<http://www.biostimulants.eu/>).
- Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C., and Dechanteloup A: 2014. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes [archive]. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude réalisé par Bio by Deloitte et RITMO Agroenvironnement pour le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 148 pages.
- FAO: 2011. Food and Agricultural commodities production; Rapport.
- Freud E.H., Petithuguenin P. and Richard, J : 2000. Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique Asie. Editions Karthala et CIRAD, Paris, 207 p.
- Gidoin C : 2013. Relations entre structure du peuplement végétal et bioagresseurs dans les agroforêts à cacaoyers. Application à trois bioagresseurs du cacaoyer : la moniliose au Costa Rica, la pourriture brune et les mirides au Cameroun. Thèse, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, 210 p.
- Janny G. M. Vos B. J., Ritchie and 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., and AKE 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).
- Koua S. H., Coulibaly N. A. M-D. and Alloueborand WAM : 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.
- Kouakou K., Kébé BI., Kouassi N., Aké S., Cilas C. and Muller E : 2012. Geographical distribution of *Cacao swollen shoot virus* molecular variability in Côte d'Ivoire. *Plant Dis.* 96: 1445-1450.
- Motamayor J C., Risterucci A. M., Lopez P A., Ortiz C. F., Moreno A. and Lanaud C: 2002. Cacao domestication I : the origin

- of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89: 308-3, 153 p.
- N'guessan A.H., N'guessan K.M., Kouamé N.N., Kouassi K.P. and N'guessan WP : 2016. Distribution géographique et importance des foreurs de tige dans le verger de cacaoyers de Côte d'Ivoire. *Journal of Animals and Plant Sciences*. Vol. 27 (3) : 4282-4292.
- Oro FZ : 2011. Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du *Swollen shoot* du cacaoyer au Togo : Etude de la diffusion à partir des systèmes d'information géographiques, Montpellier SupAgro. Thèse de Doctorat Ecole Doctorale SIBAGHE, 262p.
- Oro FZ, Lallie HD, Doumbouya M, Koigny J and Diallo HA : 2019. Influence du niveau d'entretien des parcelles de cacaoyers sur la prévalence de la pourriture brune des cabosses à Kipiri, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 2019 ; 144 : 14813 – 14821.
- Franck Zokou Oro, Hermann-Desiré Lallie, Guy Kouassi Brou, Pacôme Bi-Zaouli, Jesus Inza Fofana, and Hortense Atta Diallo : 2020. Efficacité du Biostimulant Banzai TM sur l'amélioration de la couverture foliaire des cacaoyers apparemment sains et des cacaoyers atteints de la maladie du "Swollen shoot" à Petit Bondoukou, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 146 : 15064-15073.
- Franck Zokou Oro, Hermann-Desiré Lallie, Jesus Inza Fofana, Pacôme Bi-Zaouli, and Hortense Atta Diallo : 2020. Efficiency of Banzai Biostimulant on the cherries production in healthy and cocoa trees affected by swollen shoot virus: A case study at Petit-Bondoukou Côte d'Ivoire. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (IJASRE)* Vol 6 (1), January-2020, pp 108-119.
- Tano MA : 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.
- YAO KA : 2007. Caractéristiques physiques des sols brunifiés dérivés des Formations du complexe volcano-sédimentaire de Kanhankro (Toumodi) en moyenne cote d'ivoire. *Rev. CAMES - Série A*, Vol. 05.11p.