



Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacao en milieu paysan à Bazré (Côte d'Ivoire)

[Impact of cocoa swollen shoot virus disease (CSSVD) on farmers' production in Bazré (Côte d'Ivoire)]

*¹Kouakou Koffié, ¹Kébé BI, ²Kouassi N, ³Anno AP, ³Aké S, ⁴Muller E.

¹CNRA, Programme Cacao, BP 808 Divo, Côte d'Ivoire ; ²CNRA, Programme Biotechnologie, Abidjan, Côte d'Ivoire ; ³UFR Biosciences, université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire ; ⁴CIRAD, UMR BGPI, Campus International de Baillarguet, Montpellier, France (emmanuelle.muller@cirad.fr).

*Corresponding author: aubreykouakou@yahoo.fr ; Tel: (+225) 07 47 74 31

Original Submitted In 5th May 2011. Published online at www.biosciences.elewa.org on July 11, 2011.

RESUME

Objectifs : Evaluer l'impact de la maladie du swollen shoot du cacaoyer (CSSVD) dans des plantations paysannes naturellement infectées et caractériser les isolats viraux présents dans ces plantations.

Méthodologie et résultats : Les observations ont été effectuées dans des cacaoyères atteintes de swollen shoot situées dans trois villages (N'zikro, Sokobakro et Kouamékro) de la sous-préfecture de Bazré au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Des mesures de dimensions et des comptages ont été réalisés dans les foyers, sur des cabosses et des fèves issues de cacaoyers avec symptômes de swollen shoot ainsi que de témoins sans symptômes et suffisamment éloignés des foyers. Pour chacun des échantillons prélevés de feuilles atteintes de swollen shoot, les symptômes ont été décrits et la première partie de l'ORF3 du CSSV, amplifiée par les amorces de diagnostic a été séquencée. Les estimations ont montré que les cas de mortalité de cacaoyers dans les 5 parcelles des trois villages se sont élevés à plus de 30 000 cacaoyers représentant 23%. On a noté une diminution significative du nombre de cabosses (jusqu'à 54 % à N'zikro) et une réduction du poids des fèves (44 % à N'zikro, 35 % à Sokobakro et 33% à Kouamékro) sur les arbres atteints de swollen shoot comparativement aux cacaoyers témoins. L'analyse phylogénétique a mis en évidence uniquement la présence d'isolats du groupe B du CSSV dans toutes les parcelles d'étude.

Conclusion et application : Cette étude, certes, réalisée dans un échantillon réduit de 5 parcelles, a montré que la maladie du swollen shoot a provoqué d'importants dégâts et constitue de ce fait un véritable désastre chez de nombreux cacaoculteurs du centre-ouest de la Côte d'Ivoire.. Il est donc impératif de mettre en place une stratégie de lutte efficace contre le swollen shoot en Côte d'Ivoire. L'une des solutions durables serait la sélection d'hybrides de cacaoyers résistants au virus intégrant à la fois les connaissances des méthodes de lutte agronomique, des vecteurs et de la diversité moléculaire du CSSV en Côte d'Ivoire.

Mots clés : virus du cacao swollen shoot, analyses phylogénétiques, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Objectives: evaluate the impact of cocoa swollen shoot virus disease (CSSVD) and characterize the virus in naturally infected cocoa farms.

Methodology and Results: Observations were carried out in cocoa plantations infected by swollen shoot in three villages (N'zikro, and Sokobakro Kouamékro) from Bazre' locality in west-central of Côte d'Ivoire. Measurements of dimensions and counts were made in outbreaks, on pods and beans from cacao trees with symptoms of swollen shoot as well as controls without symptoms sufficiently distant from outbreaks. Description of symptoms was performed and so was genome sequencing in the first region of CSSV' ORF3 from samples of infected leaves of swollen shoot.

Estimates have shown that mortality from cocoa trees in the five cocoa farms of the three villages totaled more than 30,000 representing 23%. There was a significant decrease in number of pods (up to 54% N'zikro) and reduction of weight of beans (44% to N'zikro, 35% and 33% to Sokobakro Kouamékro) on cocoa trees with symptom of swollen shoot compared to controls. Phylogenetic analysis revealed only the presence of CSSV's group B in all studied farms.

Conclusion and Application: This study, made from small sample of 5 farms, showed that swollen shoot disease has caused extensive damage and constitutes a disaster in many cocoa farmers. It is therefore imperative to develop a strategy for efficient control of swollen shoot disease in Côte d'Ivoire. One sustainable solution would be the selection of cocoa hybrids resistant to the virus integrating agronomic control methods, control of vectors and molecular diversity of CSSV in Côte d'Ivoire.

Keywords: cocoa swollen shoot virus, phylogenetic analysis, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le swollen shoot est une maladie virale du cacaoyer qui se développe de manière endémique en Afrique de l'Ouest (Posnette, 1940 ; Ollennu 1988 ; ; Ollennu et Owusu, 2002). L'origine du nom de cette maladie est liée aux gonflements des rameaux qui constituent l'un de ses symptômes caractéristiques. Mais, cette maladie provoque aussi des bandes rouges et des mosaïques le long des nervures des feuilles ainsi qu'une sévère défoliation. Il s'en suit une baisse rapide de la production et une chute spectaculaire du rendement. Finalement l'arbre meurt au bout de trois à cinq ans après le début de l'infection.

Le virus responsable du swollen shoot appartient au genre *Badnavirus*. Les particules virales sont bacilliformes de 121 à 130 nanomètres de long sur 28 nanomètres de diamètre et possèdent un ADN double brin (Lot et al., 1991). Le virus est transmis naturellement par plusieurs espèces de cochenilles selon un mode semi-persistant. Les vecteurs les plus courants sont notamment *Planococcoïdes njalensis*, *Planococcus citri* et *Ferrisia virgata* (Posnette, 1950 ; Dufour, 1987 ; Dufour et al., 1993).

Le traitement contre la maladie consiste principalement en l'arrachage des cacaoyers malades et en la replantation de cacaoyers résistants ou tolérants. Au Ghana où les premiers

foyers ont été repérés (Steven, 1936), les nombreuses campagnes d'arrachage menées depuis les années 40 ont permis de déraciner jusqu'à ce jour plus de 200 millions de cacaoyers soit l'équivalent de 150 000 ha (Anthony et al., 2003). Malgré ces efforts d'éradication, le swollen shoot y sévit toujours avec un taux de prévalence élevé dans les zones d'infection massive (Dzahini-Obiatay et al., 2006 ; 2010). A ce jour, la biodiversité du CSSV au Ghana n'est pas encore connue car les isolats ont toujours été différenciés sur la seule base des symptômes observés au champ (Dufour et al., 1987, Adu-Ampomah et al., 2003). Toutefois, l'analyse de quelques échantillons de collection notamment, New Juaben, N1A et Péki a permis de révéler la présence d'isolats du groupe B au Ghana (Muller et Sackey, 2005). En Côte d'Ivoire, les premiers foyers du swollen shoot sont apparus en 1943 dans les localités de Kongodia et Sankadiokro à l'Est vers la frontière du Ghana (Alibert, 1946). D'une façon générale, ces foyers avaient une progression lente et les dégâts occasionnés étaient peu importants. Deux formes de la maladie avaient été décrites dans le verger ivoirien à partir des symptômes observés. Il s'agissait de la forme Kongodia dont les manifestations étaient semblables à celles de la forme New Juaben du

Ghana, très agressive se traduisant par la mort des cacaoyers atteints en 3 à 5 ans et la forme bénigne Sankadiokro sans impact majeur sur la production (Renaud, 1957). Des campagnes d'arrachage conduites dans tous les foyers identifiés à cette époque avaient permis de maîtriser rapidement la maladie dans toute la cacaoyère ivoirienne. Actuellement le swollen shoot s'est déclaré dans le Centre-Ouest du pays où de nouveaux foyers en pleine expansion ont été identifiés dans les départements de Bouaflé et de Sinfra (Kébé et N'guessan 2003). Les types

MATERIEL ET METHODES

Localisation de l'étude : Cette étude a été conduite dans cinq parcelles de cacaoyers naturellement atteintes par la maladie du swollen shoot. Les comptages et les mesures de cabosses dans les plantations ont été effectués au cours de la campagne cacaoyère 2004/2005 tandis que l'échantillonnage des feuilles et l'analyse des isolats viraux au laboratoire ont eu lieu entre décembre 2008 et avril 2009. Ces parcelles ont été choisies dans trois villages (N'zikro, Sokobakro et Kouamékro) à la suite d'une enquête agronomique que nous avons conduite en octobre 2004 dans 24 villages de Bazré (résultats non présentés ici). Le nombre de parcelles a été limité à cinq par manque de main d'œuvre relative à des contraintes financières au début de cette étude. Les parcelles ont été réparties dans trois villages non contigus parmi les plus atteints afin de couvrir au mieux toute la sous-préfecture d'étude. Ainsi, Les villages de N'zikro et Sokobakro sont situés respectivement à 16 et à 17 km au Nord de Bazré tandis que Kouamékro est localisé à 10 km au Sud de Bazré.

Etude de l'impact du swollen shoot sur le nombre de cabosses et le poids des fèves : Dans chaque parcelle, 10 cacaoyers portant chacun au moins un signe caractéristique de swollen shoot (gonflements de rameaux ou symptômes foliaires) ont été repérés ainsi que 5 cacaoyers témoins éloignés du foyer et ne présentant aucun symptôme de la maladie. Nous avons choisis 5 témoins pour éviter d'alourdir la manipulation à cause des contraintes que nous avons évoquées ci-dessus. Un comptage des cabosses sur les arbres repérés a été réalisé et des mesures de poids et de dimensions sur les cabosses et les fèves ont été faites. Les mesures ont porté sur 3 à 5 cabosses mûres récoltées de manière quelconque sur l'arbre. Les mesures de diamètre et de longueur sur les cabosses

d'isolats de CSSV ainsi que les dégâts déjà occasionnés par la maladie dans ces zones ne sont pas connus.

Cette étude avait pour objet d'évaluer l'influence du swollen shoot sur la production des cabosses et des fèves ainsi que l'importance des dégâts dans des parcelles naturellement infectées par le swollen shoot à Bazré dans le département de Sinfra. Par ailleurs, des échantillons ont été prélevés dans les parcelles étudiées pour caractériser moléculairement les isolats du CSSV en présence.

et sur les fèves ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse tandis qu'une balance de type cuisinière (1 g à 5 kg) de marque Tefal (France) a servi pour la détermination de leur poids. Les classements entre les paramètres étudiés ont été effectués selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % à partir du logiciel Statistica. Une comparaison est faite entre les cacaoyers présentant des symptômes du swollen shoot et les témoins considérés sains car éloignés des foyers et ne présentant aucun symptôme de la maladie. Cette étude a porté sur un total de 68 cacaoyers, 304 cabosses et 1500 fèves de cacaoyers. Par ailleurs, la description de l'aspect général des arbres attaqués dans les foyers ainsi que le recensement de tous les symptômes caractéristiques de la maladie sur les différents organes des cacaoyers malades ont été effectués dans les foyers.

Evaluation des dégâts au niveau de la parcelle : Tous les foyers au niveau de la parcelle ont été repérés et comptés. La forme de chaque foyer a été assimilée à un cercle (Thresh, 1958a) et le diamètre de chaque foyer a été mesuré à l'aide d'un décimètre. Ainsi la superficie détruite dans chaque foyer a été calculée par la formule : $Superficie\ détruite\ (ha) = (\pi) \times (d / 2)^2 / 10^4$; d étant le diamètre du foyer en mètre. La superficie totale détruite dans la parcelle est obtenue par la somme des superficies détruites dans tous les foyers. Le nombre de cacaoyers correspondant à la surface détruite a été estimé à partir de la densité de plantation déterminée dans chaque parcelle. La superficie totale de chaque parcelle a été relevée à partir de l'attestation de plantation des planteurs.

Séquençage d'isolats de CSSV et analyse des séquences : Des échantillons de jeunes feuilles de cacaoyers portant des symptômes de bandes rouges ont été collectés dans chaque parcelle étudiée.

L'extraction de l'ADN a été effectuée à partir du protocole utilisant le tampon Matab (Mixed Alkyltriméthylammonium Bromide) selon (Gawal & Jarret, 1991) après broyage de 100 mg de feuilles dans un broyeur à bille de type MP Fast prep-24. Le séquençage des fragments d'ADN amplifiés par le diagnostic PCR (couple d'amorces ORF3CSSV-F/R ; $T_m = 49^\circ \text{C}$, Muller, 2008) et correspondant à la première partie de l'ORF3 du génome a été réalisé sur 5 isolats par villages (). La PCR a été réalisée dans un mélange réactionnel de 25 μl contenant 10 μM de chaque amorces, 1 U d'enzyme Gotaq (Promega), 5X de tampon, 2,5 mM de chaque dNTP et d'extrait

d'ADN non dilué. Le programme PCR se compose d'une première phase de dénaturation à 94°C pendant 3 min suivie par 30 cycles de 94°C 30 s, 49°C 30 s, 72°C 45 s puis d'un cycle final de 72°C , 5 min. Les séquences ont été corrigées et alignées avec le logiciel BioEdit tandis que l'arbre phylogénétique a été construit avec Darwin 5 version 5.0.157 (Perrier et al., 2009). La séquence du Badnavirus *Citrus mosaic avirus* (CMBV)(AF347695) ainsi que des séquences représentatives de la variabilité moléculaire du CSSV [Agou1 (L14546), NewJuaben (AJ608931), N1A (AJ609020), Wobe 12 (AJ781003), Peki (AJ609019), et NB2 (AJ534983)] ont été utilisées en comparaison.

RESULTATS

Symptômes du swollen shoot dans la Sous-préfecture de Bazré :

Trois types principaux de symptômes ont été observés dans les parcelles étudiées. Il s'agit de gonflements des rameaux orthotropes et des racines, de mosaïques sur feuilles ainsi que des déformations des feuilles et des cabosses. Les symptômes foliaires sont les plus constants. Ils sont caractérisés par des bandes rouges sur les nervures des jeunes feuilles (figure 1A) et deux types de mosaïques sur les feuilles adultes : on distingue dans un cas des bandes jaunes le long des nervures principale et secondaires (modèle en « fougère ») (figure 1B) et dans l'autre cas un jaunissement entre les nervures marqué par des

bandes chlorotiques entre les nervures secondaires tandis que le long des nervures principale et secondaires restent longées de bandes vertes (mosaïque « réticulée ») (figure 1C). D'autres types de symptômes foliaires ont été observés notamment les chloroses, les nécroses du limbe et souvent des éclaircissements des nervures. Toutefois, certaines feuilles de cacaoyers atteints par le swollen shoot présentent un limbe effilé et distordu avec une désorganisation asymétrique du réseau des nervures. Aussi les cabosses déformées par le swollen shoot sont caractérisées à la fois par une réduction de la taille et une forme arrondie (figure 2).



Figure 1 : Symptômes du swollen shoot sur feuille de cacaoyer en Côte d'Ivoire.

A : Bandes rouges sur jeunes feuilles.

B : Jaunissement le long des nervures: Mosaïques en fougère (fern pattern)

C : Jaunissement entre les nervures « Mosaïques réticulée »



Figure 2 : Cabosse atteinte de swollen shoot présentant une taille réduite et une forme arrondie.

Au niveau des tiges, les gonflements s'observent sur les rameaux orthotropes couramment appelés "gourmands". Ces renflements peuvent se situer à la base, dans l'entre nœud ou à l'extrémité du rameau (figure 3A). Les renflements apparaissent également sur les racines au niveau du pivot, des racines latérales

ou secondaires (figure 3B). D'une manière générale, les gonflements des rameaux et des racines ne sont pas visibles sur tous les arbres atteints dans une parcelle. Tous ces symptômes décrits s'expriment différemment en fonction des localités étudiées (Tableau 1).

Tableau 1 : Principaux symptômes du swollen shoot observés dans des cacaoyères de trois villages de la Sous-préfecture de Bazré au centre-ouest de la Côte d'Ivoire

Villages	Organes des cacaoyers observés							
	Feuilles						Tiges	Racines
	Bandes rouges	Mosaïques en 'fougère'	Mosaïques réticulées	Chlorose du limbe	Eclaircissement des nervures	Limbe filiforme	Gonflements de rameaux	Gonflements sur racines
N'Zikro	*+	+	+	+	+	+	+	+
Sokobakro	+	-	+	+	+	-	+	+
Kouamékro	+	+	+	+	+	+	-	-

(*+) : présence du symptôme correspondant ; (-) : absence du symptôme correspondant

Les gonflements de rameaux et de racines sont fréquents dans les parcelles de N'Zikro et de Sokobakro tandis qu'ils sont rares à Kouamékro. D'une manière générale, les foyers de swollen shoot

observés à Bazré regroupent à la fois une plage de cacaoyers morts entourée de cacaoyers vivants présentant une sévère défoliation et un jaunissement de feuilles (figure 4).

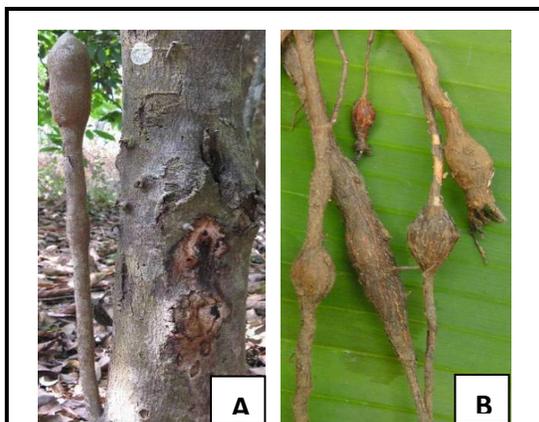


Figure 3 : Symptômes de swollen shoot sur rameaux et sur racines de cacaoyer au champ.

A : Gonflement apical sur un rameau orthotrope ;
B : Gonflements sur racines de cacaoyer.



Figure 4 : Vue d'une plantation ravagée par le swollen shoot à N'zikro (Bazré, centre-ouest de la Côte d'Ivoire).

Les rameaux de ces arbres souffrent d'un dessèchement des extrémités à forme de « die-back » et dont l'extension est progressive. Sur ces cacaoyers, les bourgeons axillaires présentent une croissance anormale. Les entre-nœuds des rameaux orthotropes

situés à la base du cacaoyer se raccourcissent et les nouvelles pousses foliaires paraissent anormales. Les gonflements sont le plus souvent observés sur ces rameaux. Les arbres atteints présentent très peu de fleurs et de cabosses. On observe aussi dans ces

foyers une émergence des mauvaises herbes suite à la perte de la canopée et à l'infiltration d'une grande quantité de rayons solaires.

Impact du swollen shoot sur la production des cacaoyers atteints : L'analyse de variance montre une différence significative entre les villages

concernant le nombre de cabosses, les dimensions des cabosses, le poids des fèves et le nombre de fèves défectueuses (tableau 2). La comparaison des moyennes entre les villages pour chaque paramètre est indiquée dans le tableau 3.

Tableau 2: Résultats de l'analyse de variance (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) montrant une différence significative entre trois villages de Bazré (Côte d'Ivoire) pour quelques paramètres de production de cabosses dans des cacaoyères atteintes de swollen shoot. Explique F et P

Paramètres	ddl	Erreur	Valeur de F	Valeur de P
Nombre de cabosses	5	62	10,1542463	3,8891E-07*
Poids des cabosses	5	298	39,709034	0,00*
Diamètre des cabosses	5	298	32,7460289	1,3755E-26*
Poids des fèves	5	298	31,061409	2,0316E-25*
Nombre de fèves plates	5	298	4,69759703	0,00038162*

*indique une différence significative entre les villages pour le paramètre considéré

Tableau 3: Comparaison entre nombre, poids et dimensions de cabosses et de fèves issues de plantations infectées par le swollen shoot dans trois villages de Bazré en Côte d'Ivoire.

Paramètres mesurés	Villages de Bazré					
	N'zikro		Sokobakro		Kouamékro	
	Cacaoyers avec symptômes de swollen shoot	Cacaoyers témoins	Cacaoyers avec symptômes de swollen shoot	Cacaoyers témoins	Cacaoyers avec symptômes de swollen shoot	Cacaoyers témoins
Nombre de cabosses / arbre	17 a*	37 b	12 a	17 a	8 a	10 a
Poids cabosses (g)	235,60 a	421,70 c	310,12 b	498,19 d	314,81 b	340,76 b
Diamètre des cabosses (mm)	69,80 a	83,75 c	73,90 b	86,05 c	76,22 b	77,61 b
Poids des fèves (g)	56,35 a	101,36 c	75,25 b	116,57 d	62,30 a	93,04 c
Nombre fèves plates	8 b	3 a	4 ab	3ab	6 b	1a

*Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Le nombre moyen de cabosses a été réduit de plus de moitié (54% de réduction) sur les arbres présentant les signes visibles de swollen shoot à N'zikro. Cette réduction est peu marquée sur les cacaoyers des parcelles de Sokobakro et de Kouamékro. On note aussi une diminution significative du poids moyen des cabosses sur les arbres atteints de swollen shoot à N'zikro (44 %) et à Sokobakro (38 %) par rapport aux cacaoyers témoins. Les plus faibles poids de cabosses ont été enregistrés à N'zikro où le poids moyen d'une cabosse issue d'un arbre malade est de 235,60 g contre 421,70 g pour les cabosses issues des arbres

témoins. Les résultats obtenus avec les mesures de diamètre de cabosses sont semblables à ceux des mesures de poids. Les plus petites cabosses ont aussi été enregistrées à N'zikro. Au niveau des fèves, on note que le poids moyen de fèves contenues dans une cabosse malade est significativement diminué dans toutes les localités (N'zikro (44 %), Sokobakro (35 %) et Kouamékro (33 %)). Les fèves ayant les plus petits poids moyens sont obtenues dans les cabosses de N'zikro (en moyenne 56.35 g par cabosse malade contre 101.36 g par cabosse témoin). On note aussi une augmentation significative du nombre de fèves

anormales dans les cabosses de N'zikro (62 % d'augmentation du nombre de fèves plates par rapport aux témoins) et surtout à Kouamékro où ce nombre a pratiquement doublé dans les cabosses malades (83 %). Ces résultats indiquent clairement que la maladie du swollen shoot a réduit significativement la production de cabosses sur les cacaoyers malades ainsi que le poids des fèves dans toutes les parcelles étudiées à Bazré. Toutefois, l'impact négatif du swollen shoot a été très marqué dans les parcelles de N'zikro car tous les paramètres considérés ont été significativement réduits.

Estimation des dégâts dans les parcelles étudiées :
Au total 22 foyers de swollen shoot de dimensions

variables ont été repérés dans les 5 parcelles étudiées où prévalait une forte densité de plantation (en moyenne, 2227 pieds à l'hectare). Dans ces parcelles, le nombre total de cacaoyers détruits varie entre 1000 et 15 000 pieds. Le nombre estimé de cacaoyers détruits par le swollen shoot représente 23 % de la superficie totale des 5 parcelles étudiées de la zone de Bazré (tableau 3). Le plus grand nombre d'arbres détruits a été enregistré dans les foyers de N'zikro où l'on dénombre jusqu'à 15 000 cacaoyers morts dans une seule parcelle. Toutefois, des mortalités relativement élevées ont aussi été enregistrées à Kouamékro (6000 cacaoyers) et à Sokobakro (4000 cacaoyers).

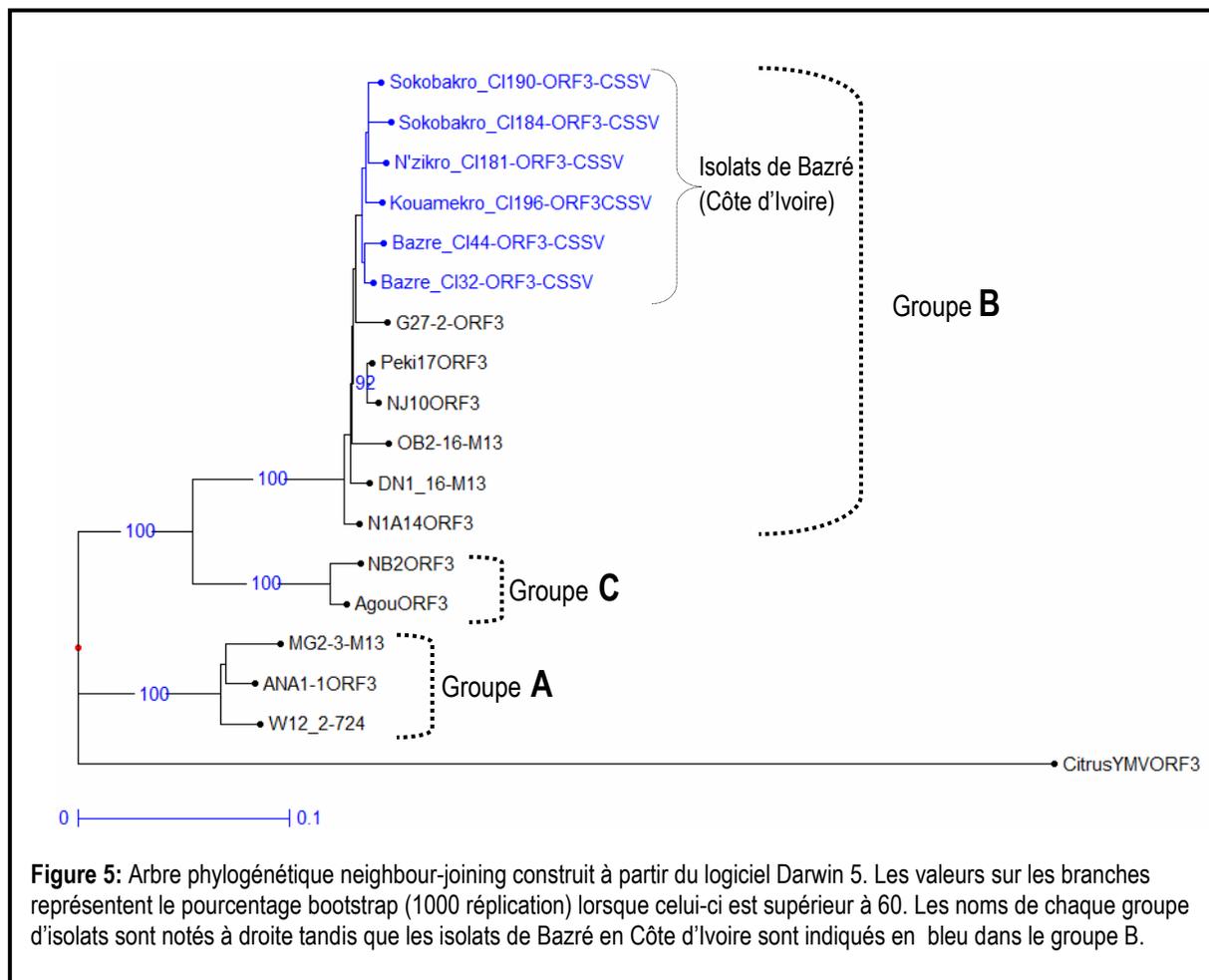
Tableau 4 : Dégâts du swollen shoot dans des plantations de trois villages de Bazré en Côte d'Ivoire

Villages	Noms planteurs	Superficie totale (ha)	Densité moyenne (nombre de pieds / ha)	Nombre de foyers swollen shoot	Superficies détruites (ha)	Nombre de cacaoyers détruits	Proportion de parcelle détruite (%)
N'zikro	Koffi konan Emmanuel	9,5	2381	3	3,92	5 175	41,26
	Kouakou Kouadio Gérard	19,55	2381	1	11,29	14 903	57,75
Sokobakro	Kouamé Kouakou Samuel	12	2500	5	3,32	4 382	27,66
Kouamékro	Kouamé Kouadio	6,22	1800	8	3,62	4 778	58,19
	Bohoussou Jean	12	1800	5	0,84	1 109	7
Total / moyenne		59,27	2227	22	22,99	30 347	23

Analyses phylogénétiques des séquences :

L'alignement des séquences des isolats de Bazré dans la première partie de l'ORF3 du génome du CSSV avec les séquences témoins a permis de construire un arbre phylogénétique (Figure 5). Sur cet arbre, on note que tous les isolats collectés dans les parcelles d'étude de Bazré appartiennent au groupe B du virus du swollen shoot. Réciproquement, aucun des isolats n'appartient ni au groupe A ni au groupe C du CSSV. Des

séquences issues de prélèvement d'échantillons dans des parcelles voisines à celles de cette étude ainsi que dans d'autres parcelles de la sous-préfecture de Bazré confirment que la quasi-totalité des isolats de cette zone appartiennent au groupe B (résultats non présentés). Ces résultats indiquent clairement que seuls les isolats du groupe B du CSSV seraient responsables des dégâts occasionnés et des symptômes observés dans la zone de Bazré.



DISCUSSION

Les analyses phylogénétiques ont montré que les isolats du CSSV provenant des parcelles étudiées dans les trois villages (N'zikro, Sokobakro et Kouamékro) du département de Sinfra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) appartiendraient tous au groupe B du virus du swollen shoot qui était connu au Ghana et au Togo (Muller et Sackey, 2005). Ce résultat confirme la présence du swollen shoot en Côte d'Ivoire et principalement dans la région de la Marahoué et met en évidence le caractère ubiquiste des isolats du groupe B.

Nos résultats ont aussi montré que le swollen shoot influence négativement la production de cacao au niveau des arbres atteints. En effet, une diminution de plus de la moitié (54 % de réduction) a été enregistrée au niveau du nombre de cabosses sur les cacaoyers atteints de swollen shoot comparativement aux témoins sans symptômes. Parallèlement, les poids de fèves issues des cabosses malades ont été réduits de 33%

à 44% par rapport aux témoins. Le cacaoyer étant cultivé pour la commercialisation de ses fèves, la diminution du nombre de cabosses sur les cacaoyers et surtout la réduction du poids des fèves par le swollen shoot constituent un véritable manque à gagner pour les producteurs de Bazré. En effet, les arbres atteints de swollen shoot présentent une sévère défoliation qui diminue leur activité photosynthétique (Mangenot *et al.*, 1946; Jacquot *et al.*, 1999). Dans ces conditions les arbres restent très affaiblis et produisent très peu de cabosses. D'ailleurs, nos résultats ont montré un nombre élevé de fèves défectueuses (fèves anormales) dans les cabosses malades affectant ainsi leur qualité. Ces fèves anormales sont passées du simple dans les cabosses témoins (en moyenne 3 fèves défectueuses) au double dans les cabosses malades (en moyenne 8 fèves défectueuses) à N'ikro. Le nombre élevé de fèves défectueuses observé à Kouamékro pourrait s'expliquer en partie par l'utilisation de matériel végétal

sensible à la maladie. En effet, les cacaoculteurs en Côte d'Ivoire utilisent du matériel végétal d'origine inconnue (Assiri, 2007) alors que 80 % des cacaoyers cultivés en Afrique de l'Ouest sont constitués par la variété Amélonado considérée comme la plus sensible au virus du swollen shoot (Braudeau, 1969).

Cette étude a, en outre, enregistré d'importantes mortalités de cacaoyers dans les plantations atteintes de swollen shoot à Bazré. Le nombre de cacaoyers détruits a été estimé entre 1000 et 15 000 pieds dans des parcelles de 6 à 20 ha. Ces dégâts considérables ont nettement réduit le potentiel de production des plantations atteintes sur plusieurs années, contribuant ainsi de façon irrévocable à d'importantes baisses de rendements et de manque à gagner alors que 43% des cacaoculteurs ivoiriens n'ont pas d'autres sources de revenu (Freud et al., 2000). S'il est vrai que la majorité des plantations du département de Sinfra sont vieillissantes (moyenne d'âge des parcelles comprise entre 22 et 33 ans) et souvent mal traitées (Assiri, 2007), nos résultats ont montré que le swollen shoot aurait accéléré la dégradation de ces plantations car provoquant la mortalité des cacaoyers atteints en 3 à 5 ans après l'infection (Owusu, 1983). Les impressionnants dégâts (plus de 30 000 cacaoyers détruits) enregistrés dans les parcelles des villages de N'zikro, Sokobakro et Kouamékro ont montré que la maladie du swollen shoot constitue un véritable désastre pour les populations de la sous-préfecture de Bazré. Au fur et à mesure de la propagation du virus, les arbres vivants déjà atteints autour de la plage de cacaoyers morts présentent une intense défoliation et surtout un aspect moribond. Ces arbres constituent ainsi d'importants réservoirs du virus qu'il est recommandé d'éliminer. Toutefois, les études antérieures (Thresh, 1958b) restent assez divergentes sur le nombre ou la proportion de cacaoyers à arracher autour du foyer. C'est pourquoi, il faudrait une étude épidémiologique du swollen shoot en Côte d'Ivoire en vue d'adapter la méthode d'arrachage à l'environnement ivoirien. Par ailleurs, Thresh (1958a) avait montré que la propagation du swollen shoot est lente au début de l'infection d'une parcelle puis elle

s'accélère de façon exponentielle par la suite au fur et à mesure que le nombre de cacaoyers atteints augmente. Ainsi, les dégâts observés dans les parcelles d'étude pourraient s'aggraver et atteindre les plantations des régions adjacentes à celle de Sinfra d'ici peu si aucune action de lutte contre le swollen shoot n'est entreprise en Côte d'Ivoire.

Les symptômes du swollen shoot s'expriment différemment dans les parcelles des trois localités étudiées alors qu'elles sont toutes infectées par des isolats du groupe B du CSSV. A N'zikro, on observe tous les symptômes courants de la maladie (bandes rouges, gonflement des rameaux, mosaïques sur feuilles adultes et cabosses de petite taille). Ces symptômes seraient similaires à ceux des isolats New Juaben et Agou 1 provoquant d'importants dégâts respectivement au Ghana et au Togo (Castel *et al.*, 1980; Hoffmann *et al.*, 1997; Anthony *et al.*, 2003). Ainsi pour des symptômes similaires, les isolats N'zikro (Côte d'Ivoire) et New Juaben (Ghana) appartiennent au groupe B du CSSV tandis que l'isolat Agou 1 est du groupe C du CSSV. A Sokobakro, les symptômes pourraient être assimilés à ceux de la forme Dawa (Posnette, 1942) car ayant sensiblement la même virulence que la forme New Juaben. En revanche, ceux de Kouamékro seraient assimilables à la forme Kpévé (Posnette, 1942) car ne provoquant jamais de gonflements de tiges ou de racines. Ainsi, si l'on tenait compte uniquement de la répartition des formes de swollen shoot sur la base des descriptions symptomatiques, on conclurait qu'au moins trois « formes » différentes du swollen shoot étaient en présence dans la seule Sous-préfecture de Bazré. En réalité, le diagnostic PCR basé sur l'analyse de l'ADN viral a relevé la présence d'isolats appartenant tous au même groupe dans la zone de Bazré. Ce résultat démontre toute la complexité de distinguer les types d'isolats au champ sur la base de la seule symptomatologie. L'utilisation de la PCR avec des amorces polyvalentes semble la formule la mieux adaptée pour l'étude de la diversité du CSSV et pour tester de façon précise, précoce et efficace les hybrides de cacaoyers en cours de sélection en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le FIRCA qui a financé ces travaux pour le compte de la filière cacao en Côte d'Ivoire ainsi que le CNRA et le CIRAD pour leur

bonne collaboration dans la conduite des travaux et surtout pour leur appui financier.

REFERENCES

- Adu-Ampomah, Y., Ollennu, L.A.A., & Adomako B., 2003. Source of resistance / tolerance to the cocoa swollen shoot virus disease. *Communication à la 14^e Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*. Accra, Ghana, 2003.
- Alibert H, 1946. Note préliminaire sur une nouvelle maladie du cacaoyer le « swollen shoot ». *Agronomie Tropicale*, Paris, V.1, pp. 34-43.
- Anthony Fofie, NSIAH FE, Ampofo, ST, Owusu GK, 2003. Control of cocoa swollen shoot disease in a “cordon sanitaire” separating the area of heavy infection in Ghana from the rest of the country. *In: Proceeding of the 4th INCOPEd, Accra, Ghana*, pp. 12-15.
- Assiri AA, 2007. Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA de l'université de Cocody-Abidjan, Sciences de la terre option Agro-pédologie. 68 pp.
- Braudeau, J., 1969. Le cacaoyer. *Techniques Agricoles et Productions Tropicales*. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 304 p.
- Castel C, Amefia YK, Djiekpor EK, Partiot M, Segbor A, 1980. Le swollen shoot du cacaoyer au Togo. Les différentes formes de viroses et leurs conséquences économiques. *Café, Cacao, Thé* 24 (2) : 131-146.
- Dufour B, 1987. Utilisation d'une méthode de transmission pour l'identification des formes Togolaises du swollen shoot du cacaoyer. Premiers résultats. *In: Actes de la 10^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Santo Domingo, République Dominicaine*, pp. 521-526.
- Dufour B, Djiekpor EK, Paulin D, Cilas C, 1993. Méthode de criblage pour la résistance au virus du swollen shoot : Amélioration de la transmission par cochenilles. *In: Actes de la 11^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*, pp. 243-244.
- Dzahini-Obiatey H, Akumfi Ameyaw G, Ollennu LA, 2006. Control of cocoa swollen shoot disease by eradication of infected trees in Ghana: a survey of treated and replanted. *Crop Protection* 25: 647-652.
- Dzahini-Obiatey H., Owusu D. and Amoah F. M. 2010b. Over seventy years of a viral disease of cocoa in Ghana: From researchers' perspective *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5 (7), pp. 476-485.
- Freud E.H., Petithuguenin P., Richard J., 2000. *Les champs du cacao. Un défi de compétitivité Afrique-Asie* – Edition Karthala-Cirad, 216 p.
- Gawal, N.J. & Jarret, R.L. 1991. A modified CTAB DNA extraction procedure for Musa and Ipomea. *Plant Molecular Biology Report*, 9: 262-266.
- Hoffmann K, Sackey ST, Maiss E, Adomako D, Vetten H J, 1997. Immunocapture polymerase chain reaction for the detection and characterization of cocoa swollen shoot virus 1A isolates. *Journal of Phytopathology*. 145: 205 – 212.
- Jacquot, E., Hagen, L.S., Michler, P., Rohfritsch, O., Stussi-Graud, C., Keller, M., Jacquemond, M. & Yot, P. 1999. In situ localization of cacao swollen shoot virus in agroinfected Theobroma cacao. *In: Archives of virology* 144, pp:259-271.
- Kébé BI et N'guessan KF, 2003. Rapport de la mission de prospection du swollen shoot. 11 – 13 Septembre 2003. C.N.R.A – Divo, 7 pp.
- Lot H, Djiekpor E, Jacquemond M, 1991. Characterization of the genome of cacao swollen shoot virus. *In: Journal of General Virology - (1991) vol.72: 1735-1739*.
- Lot H, Djiekpor E, Jacquemond M, 1991. Characterization of the genome of cacao swollen shoot virus. *In: Journal of General Virology - (1991) vol.72J. Gen. Virol.72: 1735-1739*.
- Mangenot G, Alibert H, Basset A, 1946. Cytologie végétale sur les lésions caractéristiques du swollen shoot en Côte d'Ivoire. *In: Comptes rendus des séances de l'académie des sciences*, t. 222, du 25 mars 1946 : 749-751.
- Muller E et Sackey S, 2005. Molecular variability analysis of five new complete cacao swollen shoot virus genomic sequences. *Archives of Virology* 150: 53-66.
- Muller E, 2008. Cacao swollen shoot virus. *In: Encyclopedia of Virology, Third Edition (2008) Elsevier Ltd., vol. 1, pp. 403-409*.
- Muller E, Jacquot E et Yot P. 2001 : Early detection of cacao swollen shoot virus using the polymerase chain reaction. *Journal of Virology Methods* 93 (2001) 15-22.
- Ollennu LAA (1988). An update on the swollen shoot disease problem in Ghana. *In: Proceedings of the seminar on National Preparedness for Disasters and Workshop on cocoa pp. 94-106*.

- Ollennu LAA, Owusu GK (2002). Spread of cocoa swollen shoot virus to cacao (*Theobroma cacao*) plantings in Ghana. *Tropical Agriculture* 79: 224-230.
- Owusu, G. K., 1983. The cocoa swollen shoot virus disease problem in Ghana. In: *Plant Virus Epidemiology*. Edited by R. T. Plumb and THRESH J. M., Oxford: Blackwell Scientific Publications, pp: 73-83.
- Perrier, X et Jacquemoud-collet, 2009. Dissimilarity Analysis and Representation for Windows (Darwin) Current Released Version: 5.0.157 (2009-01-07).
<http://darwin.cirad.fr/darwin/Home.php>
- Posnette AF, 1940. Transmission of swollen shoot. *Tropical. Agriculture, Trin.*, pp. 17-98.
- Posnette AF, 1942. Swollen shoot history. In: *Report of the Central Cocoa Research Station, Tafo, 1938 - 42*. Compiled and Edited by M. GREENWOOD, M.B.E. Printed by the Government Printing Department, Accra 1943: 56 – 62.
- Posnette AF, 1950. Virus diseases of cacao in West Africa VII: virus transmission by different vector species. *Annals of Applied Bbiology* 37: 378-384.
- Renaud R, 1957. Distribution of virus disease of cocoa in the Ivory Coast. In: *Cocoa Conference, London*. Proceeding London, UK: cocoa, chocolate and confectionary alliance: 78 – 80.
- Steven WF, 1936. A new disease of cocoa in Gold Coast. *Gold Coast Farmer*, Vol. 7: 122-123.
- Thresh JM, 1958a. The spread of virus disease. In: *Technical Bulletin n°5*. Published on behalf of the West African Cocoa Research Institute. By the Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, 4, Millbank, London, S.W.1., 36pp.
- Thresh, J.M. 1958b. The control of cocoa swollen shoot disease in West Africa. *West African Cocoa Research Institute Technical Bulletin N° 4*, 36 p.