

Les effets de la mosaïque africaine du manioc en République Centrafricaine

The impacts of African cassava mosaic in Central African Republic

ZINGA I¹, NGUIMALET C.R.², LAKOUE TENE D.P.¹, KONATE G.³,
KOSH KOMBA E.¹ et SEMBALLA S.¹

Abstract: The “ African Mosaic” disease of cassava is caused by a *geminivirus* conveyed by a white fly (*Bemisia tabaci*) in the intertropical area. This virus plays a key role in the fall of yield of cassava in a good many of African countries, notably in Central African Republic, where the small production can be ascribed to it. To make an assessment of the importance of its impact, a prospective investigation has been led on, from 2005 to 2006, in cassava fields in Bangui and six others localities of the country. Parameters connected to the disease (foliation attack rate; indication of gravity of symptoms and loss of output) have been controlled. A study carried out at Bangui showed a slight (71%) impact of the disease and a foliation attack rating of 76,21%. As for other localities, the impacts of the disease varied from 97% (Bouar) to 67% (Sibut), and the foliation attack rate from 85% (Damara) to 53% (Bossemptélé). From another source, 73,8% of affected plants showed the disease, and 67% of diseased plants have worrying (2 to 5) SGI (Symptom of Gravity of Indication), capable of lowering by half the output in the areas of investigation. The economic impact of the disease reaches a loss of output of about 49,1% at the tubers level, reducing seriously the effort of the cultivators. The obtained results of the study show a worrying situation, requiring a strong intervention. The characterization of the virus, the research and the creation of new varieties of cassava tolerant to the disease are proved to be indispensable.

Keywords: African Mosaic, cassava's disease, fall of yield, SGI (Symptom of Gravity of Indication).

Résumé : la mosaïque africaine du manioc est une maladie causée par un *geminivirus* transmis par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) dans la zone intertropicale. Ce virus contribue à une baisse importante du rendement du manioc dans plusieurs pays africains, dont la République Centrafricaine, où une diminution de production lui serait actuellement attribuée. Pour mieux apprécier l'importance de ses effets, une enquête prospective a été menée sur des champs de manioc à Bangui et dans six autres localités du pays de 2005 à 2006. Des paramètres liés à la maladie (l'incidence, le taux d'attaques foliaires, l'indice de gravité des symptômes et la perte de rendement) ont été contrôlés. L'étude réalisée à Bangui a montré une incidence moyenne de la maladie de 71,9%, et un taux moyen d'attaque foliaire de 76,21%. Pour les autres localités, les incidences de la maladie ont varié de 97% (Bouar) à 67% (Sibut), et le taux d'attaque foliaire de 85% (Damara) à 53% (Bossemptélé). Par ailleurs, 73,8% des plants étudiés ont manifesté la maladie, et 67% des plants malades ont des IGS (Indice de Gravité des Symptômes) inquiétants (2 à 5), susceptibles de faire baisser de moitié la production dans les zones considérées. L'impact économique de la mosaïque africaine s'est traduit par une perte de rendement au niveau des tubercules de l'ordre de 49,1%, réduisant de façon significative l'effort des cultivateurs. Les résultats obtenus montrent une situation relativement inquiétante, méritant une intervention soutenue. La caractérisation du virus, la recherche et la création des nouvelles variétés de manioc tolérantes à la maladie s'avèreraient indispensables.

Mots clés : Mosaïque africaine, maladie du manioc, baisse de rendement, IGS (Indice de Gravité des Symptômes).

¹ Université de Bangui, Laboratoire des Sciences Biologiques et Agronomiques pour le Développement, B.P. : 908 Bangui, Centrafrique, e-mail: innocentzinga@yahoo.fr, ephraimkoshkombo@yahoo.fr, semballa.silla1@yahoo.fr, hosanalak2@yahoo.fr,

² Laboratoire de Climatologie, de Cartographie et d'Etudes Géographiques (LACCEG), Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, B.P. : 1037 - Bangui (République Centrafricaine), e-mail: cnguimalet@yahoo.fr

³ INERA / CNRT, Ouagadougou, Laboratoire de Virologie.

INTRODUCTION

La mosaïque africaine est une maladie du manioc qui a été décrite pour la première fois en Afrique de l'Est, notamment en Tanzanie par WARBURG (1894). Le virus responsable a été caractérisé par STOREY et NICHOLS (1938). Celui-ci appartient au groupe des *Geminivirus* transmis en zone intertropicale par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*). Sa présence a été signalée dans plusieurs pays africains (FARGETTE, 1987 ; CHATENET, 1989; BARRO, 1994 ; KONATE et al., 1995). Six souches de virus (ACMV, EACMV, EACMCV, EACMZV, EACMMV et EACMZV) sont distinguées et circulent en ce moment en Afrique (FONDONG et al., 2000 ; PITA et al., 2001 ; NTAWURUHUNGA et al., 2002 ; OGBE et al., 2003 ; LEGG et FAUQUET, 2004 ; WERE et al., 2004). Cette maladie a causé une baisse de rendement des cultures (FARGETTE et al., 1985 ; GIBSON et al., 1996 ; OTIM-NAPE et al., 1997 ; LEGG et OGWAL, 1998 ; LEGG, 1999). L'Afrique Centrale ne semble pas épargnée par le fléau ; le virus a, en effet, été identifié au Cameroun, au Congo, en République Démocratique du Congo et au Gabon (LEGG, 1999 ; FONDONG et al., 2000, NTAWURUHUNGA et al., 2002 ; LEGG et FAUQUET, 2004).

Pour ce qui est de la République Centrafricaine (RCA), aucun travail scientifique n'a été réalisé sur la mosaïque du manioc dans le but d'identifier les virus qui seraient responsables de la maladie dans le pays. Signalons toutefois l'étude de MALLOUHI et KAFARA (2002) mais celle-ci s'était focalisée uniquement sur l'observation des symptômes de la mosaïque et d'autres maladies associées. Les objectifs poursuivis par cette recherche étaient de mener une enquête d'urgence pour rendre compte de l'ampleur des dégâts de la mosaïque africaine en RCA, de façon à mettre en place une stratégie de gestion de la maladie.

La présente étude se propose de mettre en évidence les indices de la mosaïque africaine, d'évaluer l'ampleur de la contamination en Centrafrique et de préciser dans quelle mesure elle aurait réduit la consommation de manioc, aliment de base du pays.

PROBLEMATIQUE DES IMPACTS NEGATIFS DE LA MOSAÏQUE DU MANIOC EN CENTRAFRIQUE

Le manioc constitue l'aliment de base en Centrafrique. Sa production annuelle est estimée à 600.000 tonnes, très loin devant le maïs dont la production atteindrait 60.000 tonnes, soit le 1/10^e de celle du manioc (MALLOUHI et KAFARA, 2002). Il n'existerait pas dans le pays un aliment pouvant se substituer au manioc en cas de pénurie, du fait du rôle que cette denrée joue dans les habitudes alimentaires, bien que d'autres tubercules et des céréales soient cultivés. Une épidémie sévère du manioc y laisserait des conséquences durables au sein de la population, qui se traduiraient sans doute par la malnutrition, la baisse de rendement au travail, une migration possible vers des zones non touchées. Cette situation pourrait être considérée comme une « catastrophe ».

Au Kenya le virus a été isolé, non seulement sur le manioc, mais aussi sur *Jatropha multifida* (Euphorbiacée) et sur *Hewittia sublobata* (Convolvulacée), espèces très répandues dans la brousse. Le manioc aurait été contaminé par le virus de la mosaïque après son arrivée en Afrique (BOCK et al., 1981), probablement à partir de ces adventices. Ce constat serait valable dans le cas de la RCA. D'après TISSERANT (1953), les premiers plants de manioc ont été introduits dans le Sud-ouest du pays en 1850. Cela laisserait supposer que la mosaïque africaine aurait commencé à s'y manifester dès cette époque. La maladie aurait évolué pendant longtemps d'une manière silencieuse, pour se révéler inquiétante ces dernières années, comme dans la plupart des pays africains d'ailleurs. Les symptômes caractéristiques de la maladie sur les plants n'ont jamais été constatés par les paysans centrafricains comme un fait néfaste. C'est surtout l'apparition récente des plants à indice de gravité élevé (4 ou 5) qui a commencé à attirer leur attention, car à ce niveau de sévérité, les plants deviennent chétifs avec une réduction de 80 à 90 % de la surface foliaire, occasionnant des pertes de rendement importantes. Les paysans producteurs de manioc, qui, en majorité, ignorent l'existence de la

maladie et ne disposent pas de méthode pour la combattre se plaignent de la situation. Par ailleurs, la mise en place des nouvelles cultures, en repiquant des boutures infectées, ne ferait que multiplier la charge virale ; la réplication du virus ne s'opérant que dans de jeunes plants.

L'habitude alimentaire liée à la consommation du manioc est très développée au sein de la quasi-totalité de la population centrafricaine. Des tentatives de substitution du manioc par d'autres denrées sembleraient très difficiles, du moins dans le contexte actuel où la maladie n'a pas encore atteint son apogée.

L'épidémiologie de la maladie virale transmise par vecteur repose sur quatre principaux facteurs qui interagissent. Il s'agit de l'agent pathogène, des plantes hôtes, du vecteur et des paramètres environnementaux. L'étude épidémiologique nécessite au préalable une connaissance approfondie de l'agent pathogène axée sur les aspects pathologique, sérologique et moléculaire. Une bonne connaissance de l'étendue des dégâts provoqués par la maladie est indispensable ; c'est ce qui fera l'objet des travaux. Les résultats, qui vont en découler, peuvent apporter des informations utiles aux producteurs, aux ONG, aux pouvoirs publics et autres entités travaillant sur le manioc. A la lumière des connaissances épidémiologiques, des méthodes de lutte contre la mosaïque africaine du manioc seront élaborées et testées en station, puis en milieu paysan, dans le but de contribuer à l'amélioration du rendement de cette denrée dans le pays.

SITES, MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

Sites d'étude

Ce travail a été mené dans plusieurs territoires, d'abord dans une zone à la limite urbaine de Bangui, puis dans certaines localités de l'arrière-pays: Baoro, Boali, Bossemptélé, Bouar, Damara et Sibut (Figure 1). L'étude de l'évolution de la maladie a été réalisée à Boy-Rabe au nord-est de Bangui dans une zone périurbaine de mars à juillet 2005. Quant aux autres localités, elles ont été sillonnées d'août 2005 à février 2006. Cependant, trois niveaux d'altitude ou de relief les distinguent, à savoir la Surface d'aplanissement de Bouar-Baboua (1.000-900 m), la Surface Centrafricaine (700-600 m) et le Piémont Oubanguien (400-350 m). Les localités de Bouar et Baoro sont rattachées à la Surface 1.000-900 m ; celles de Bossemptélé et de Boali à la Surface Centrafricaine ; et enfin les localités de Damara et Sibut au Piémont Oubanguien. Ces différences d'altitude pourraient influencer la répartition et l'intensité relative de la mosaïque du manioc localement.

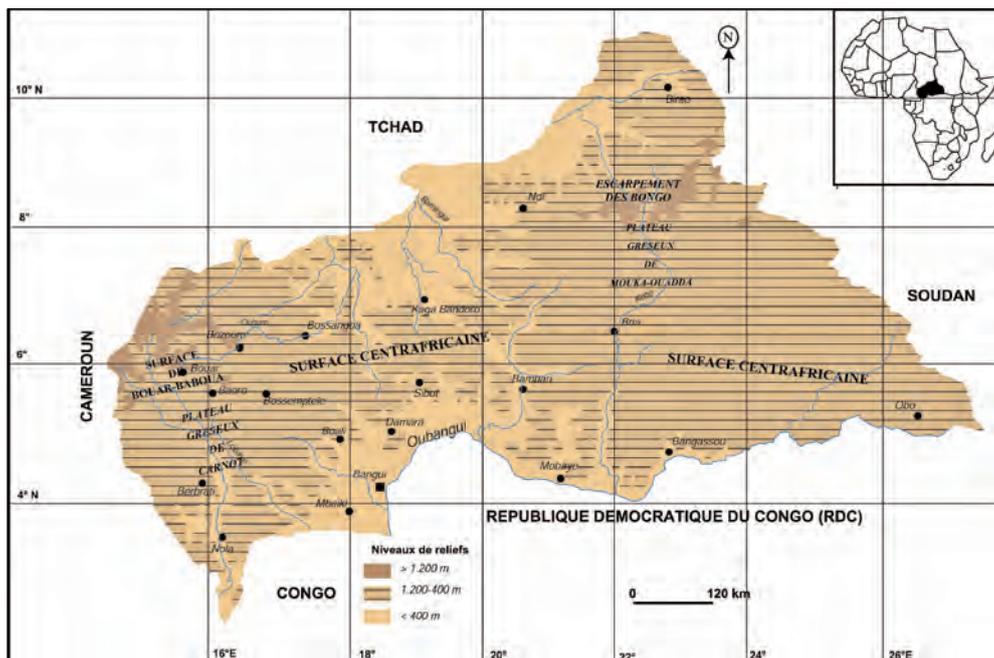


Fig. 1: Localisation des sites d'étude

Matériels utilisés

Le matériel végétal objet de l'étude était uniquement constitué par des plants de manioc (*Manihot esculenta*) issus des champs des différentes localités retenues. Comme matériel d'investigation on a utilisé un instrument de mesure de longueur (mètre à ruban), une balance de marque Roberval, des fiches de collecte des données, un appareil photo numérique et l'échelle de gravité de COURS (1951) pour la cotation des degrés de sévérité de symptômes.

Méthodes

L'étude des impacts négatifs de la mosaïque africaine a essentiellement porté sur les plants de manioc (*Manihot esculenta*), infectés ou non, présents dans des champs en milieu paysan des six localités qui sont des zones rurales. A Bangui, a été choisi au hasard le champ d'un cultivateur parmi d'autres comportant plusieurs variétés de manioc, dont les plants étaient âgés de six mois ; les mesures des paramètres phytosanitaires ont été faites mensuellement pendant cinq mois. Dans le champ, d'une superficie de 1,2 hectares, ont été délimités cinq carrés représentant chacun 100 m². Ces carrés étaient disposés de la manière suivante : 4 sur les angles et 1 au centre (Figure 2). La récolte a été effectuée au sixième mois de l'étude dans le but d'évaluer le rendement de différentes variétés. Celles dont le nombre a été inférieur à 30 plants dans les différents carrés n'ont pas été considérées dans l'analyse des données.

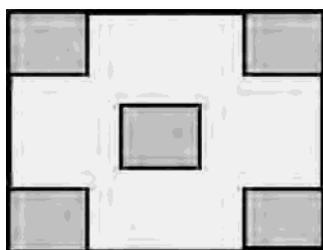


Fig. 2 : méthode des 5 carrés

Un mois après la première étude, une prospection pour déterminer l'impact de la maladie à grande échelle a été réalisée dans 51 champs de manioc répartis dans 24 villages choisis de manière aléatoire dans les 6 localités retenues. Par village, deux champs ont été visités en moyenne. 6074 plants, dont 5654 pour l'estimation de l'incidence contre 420, ont servi au total à l'évaluation du rendement. Aussi, 47 variétés différentes du manioc ont-elles été analysées. Cette prospection avait pour but de déterminer l'incidence de la maladie, l'impact de celle-ci sur le développement et le rendement du manioc, et d'identifier les variétés résistantes ou tolérantes. Ainsi, des paramètres ont été mesurés et collectés : l'état phytosanitaire du manioc, le nombre de feuilles atteintes par plant, l'indice de sévérité, le poids de tubercules par plant, et le nombre de tubercules par plant.

- *L'état phytosanitaire du manioc* a consisté à observer l'état des plants (malades ou sains), puis à déterminer le pourcentage des plants du manioc malades par simple comptage dans le champ.
- *Le nombre de feuilles atteintes par plant* a été utilisé pour déterminer la proportion des feuilles atteintes des plants malades, en vue d'évaluer la sévérité de la maladie. L'étude n'a été réalisée que sur la branche principale du plant.
- *L'indice de sévérité (ou indice de gravité des symptômes de COURS)* a conduit à apprécier le degré de gravité de la maladie sur les plants. L'échelle d'Indice de Gravité des Symptômes (IGS) varie de 0 à 5. Les plants sains ont un degré de sévérité 0. Les plants malades ont un indice variant de 1 à 5, soit du moins au plus sévère. Cette échelle a conduit à coter les degrés de sévérité des symptômes de la manière suivante :
 - Degré 5 : Feuilles réduites au 1/10^e de leur surface, rameaux atrophiés, la plante dépérit et meurt en quelques mois ;
 - Degré 4 : Quasi-totalité des limbes recroquevillés, appareil végétatif réduit.
 - Degré 3 : Feuilles atteintes déformées, partiellement recroquevillées, appareil végétatif réduit.
 - Degré 2 : Tache couvrant la moitié du limbe, apparition des déformations foliaires.
 - Degré 1 : Taches jaunâtres couvrant 1/5^e du limbe foliaire.
 - Degré 0 : Pas de symptômes.

L'évaluation des indices n'a été faite que sur les cinq dernières feuilles de chaque plant.

- *Le poids de tubercule par plant* a été employé pour montrer l'incidence de la maladie sur le rendement du manioc. Les tubercules ont été récoltés et pesés par plant. Une moyenne arithmétique a été établie par variété, par champs et par localité, et ensuite une moyenne générale a été tirée.
- *Le nombre de tubercules par plant* a été aussi déterminé pour évaluer l'impact de la maladie sur la tubérisation du manioc.

Les deux derniers paramètres ont été mesurés après la récolte. A cet effet, 420 plants de manioc (210 sains et 210 malades) des différentes variétés, issus de 28 champs choisis au hasard dans les six localités, ont été utilisés. Ce travail a été strictement comparatif entre les plants malades et les sains par variété. Ainsi dans un champ et pour une variété donnée, un nombre égal de plants sains et de plants malades a été récolté et examiné comparativement. Le nombre de tubercules et le poids découlant des plants malades ont été relevés de même que ceux des plants sains. Des moyennes globales ont été calculées pour chacun des deux cas (sain et malade) ; de même, un rapport entre le poids des tubercules des plants sains et des plants malades a été établi pour déterminer le quotient de la perte de rendement par variété.

PRINCIPAUX RESULTATS

Les résultats des travaux sont présentés selon la nature ou le genre de sites utilisés, périurbain (Bangui) et rural (Bouar, Bossempaté, Boali, Damara, Baoro et Sibut).

Evolution de la maladie en zone périurbaine de Bangui

A Bangui, l'étude effectuée dans un champ de manioc au nord-est de la ville (Boy-Rabé) a porté sur 504 plants répartis dans les cinq carrés, comprenant cinq variétés différentes : Vouko-gozo, Vourou-gozo, Sawenzé, Zété-yabongo et Gozo-bangui qui sont toutes des variétés locales dénommées en langue vernaculaire par les paysans.

Incidence de la maladie au cours du temps sur cinq variétés de manioc à Bangui

Les résultats montrent que toutes les variétés étudiées se sont révélées sensibles à la mosaïque africaine, avec des nuances, et ont présenté des incidences très élevées, qui oscillent de 71,60% à 72,2% pour une moyenne de 71,90% (Tableau I). Les variétés *Vouko-gozo* et *Sawenzé* ont connu une baisse de l'ordre de 20% en cinq mois. Cette chute peut être expliquée par l'élaboration de substances favorisant la résistance de la plante à la maladie. Par contre, les variétés *Vourou-gozo*, *Zété-yabongo* et *Gozo-bangui* ont enregistré une variation relative de l'incidence de la maladie sur la même période, avec des pics en juillet. Dans l'ensemble, l'incidence la plus faible a été enregistrée au mois de mai (66,30%) et la plus élevée au mois de juillet (76,20%). Ces résultats mettent en évidence des paramètres climatiques qui ont une influence sur l'évolution de la maladie ; le mois de juillet étant une période favorable à l'expression de celle-ci (MOLLARD, 1987). Les mois de mai et de juillet correspondent respectivement à la fin de saison sèche et au début de la saison pluvieuse ; cette dernière favoriserait donc l'attaque foliaire des plants.

Tableau I : Incidence de la maladie sur les différentes variétés de manioc, mars-juillet 2005 (%)

Variété mois	Vouko-gozo		Vourou-gozo		Sawenzé		Zété-yabongo		Gozo-bangui		Incidence Moyenne
	effectif	%	effectif	%	effectif	%	effectif	%	effectif	%	
Mars	72	80	121	72	112	82	125	72	74	75	75,99
Avril	72	76	121	65	112	77	125	68	74	69	70,66
Mai	72	72	121	61	112	72	125	63	74	65	66,30
Juin	72	67	121	75	112	68	125	73	74	68	70,63
Juillet	72	64	121	85	112	62	125	85	74	81	76,20
Incidence Moyenne	71,8		71,6		72,2		72,2		71,6		71,90

Evolution du taux d'attaque foliaire des plants malades des cinq variétés en fonction du temps

Pour les cinq variétés, se remarque une faible variation de taux d'attaque foliaire à Bangui (Boy-Rabé) sur le pas de temps considéré (Tableau II). Le plus faible taux (50%) a été noté au mois de juin avec la variété *Vourou-gozo*, et le plus élevé (95%) au mois de mars avec la variété *Vouko-gozo*. Les taux moyens sont en fait très élevés et varient de 52,66% (*Vourou-gozo*) à 88,80% (*Vouko-gozo*) avec une moyenne générale de 76,21%. Ceci montrerait localement la grande sensibilité de ces variétés à la mosaïque africaine. La variation temporelle du taux global d'attaque foliaire semble moins significative, passant de 78,17% au mois de mars à 75,66% au mois juillet. Cette tendance devrait se traduire dans les différents niveaux de gravité des symptômes de la maladie.

Tableau II : Evolution du taux d'attaque foliaire des plants malades à Bangui (%)

Variétés	<i>Vourou-gozo</i>	<i>Vouko-gozo</i>	<i>Sawenzé</i>	<i>Zété-yabongo</i>	<i>Gozo-bangui</i>	Taux moyen
mois						
Mars	47,22	95	80,25	87,00	81,36	78,17
Avril	48,88	85	77,94	83,60	90,63	77,21
Mai	52,22	84	78,33	78,94	83,37	75,37
Juin	50,00	89	73,28	77,11	83,92	74,66
Juillet	65,00	91	75,22	75,27	71,82	75,66
Taux moyen	52,66	88,80	77,00	80,38	82,22	76,21

Impacts d'Indice de Gravité des Symptômes (IGS) sur le rendement des variétés étudiées

L'IGS a un impact sur le rendement des cinq variétés dans la zone périurbaine de Bangui (Tableau III). Plus l'IGS augmente, plus le rendement chute. La perte de rendement à l'indice 1 est de 15,93% ; à l'indice 2 : 29,26% ; et à l'indice 3 de 41,50%. La production à indice 0 représenterait la performance normale, car la plante à ce stade n'est pas infectée. Les plants malades, à multiples infections, n'ont pas été pris en compte, seuls les plants atteints uniquement de la mosaïque ont été retenus pour cette étude.

Tableau III : Impact d'IGS de la maladie sur le rendement à Bangui

Variété	Vouko-gozo					
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	17	17	17	17	17	-
Nombre de tubercules	41	37	26	22	19	-
Masse de tubercule (Kg)	21,8	19,7	15,6	13,3	9,4	-
Variété	Vourou-gozo					
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	15	15	15	15	15	-
Nombre de tubercules	34	30	20	19	15	-
Masse de tubercule (Kg)	20,4	16,1	14,2	10,9	7,5	-
Variété	Sawenzé					
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	21	21	21	21	-	-
Nombre de tubercules	41	38	30	21	-	-
Masse de tubercule (Kg)	29,9	23,7	19,9	16,1	-	-
Variété	Gozo-Bangui					
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	15	15	15	15	15	-
Nombre de tubercules	45	34	28	20	16	-
Masse de tubercule (Kg)	19,2	16,5	13,7	11,1	9,8	-
Variété	Zété-yabongo					
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	10	10	10	10	10	10
Nombre de tubercules	32	27	22	19	15	13
Masse de tubercule (Kg)	24,9	21,7	18,8	16,6	11,2	7,1
Moyenne des cinq variétés						
I.G.S.	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	78	78	78	78	-	-
Nombre de tubercules	193	166	116	101	-	-
Masse de tubercule (Kg)	116,2	97,7	82,2	68,0	-	-
Perte de rendement (%)	0	15,93	29,26	41,50	-	-

La pertinence des résultats obtenus au cours de cette étude expérimentale en zone périurbaine a conduit à élargir l'enquête aux six localités du pays.

Evaluation de l'impact de la maladie dans les six localités rurales

Cette extension de l'étude en milieu rural participe à la comparaison de la manifestation de la mosaïque du manioc entre les six localités considérées (Bouar, Bossemptélé, Boali, Damara, Baoro et Sibut) et la tendance qu'elle dégage par rapport à la zone urbaine, tout en soulignant les différences d'altitude entre elles.

Incidence de la maladie

La maladie de la mosaïque africaine du manioc a été observée dans nombre de champs visités des six zones rurales. Son incidence varie d'une localité à une autre (Tableau IV), et d'une variété à une autre. La présence du vecteur de la maladie c'est-à-dire la *mouche blanche* a été aussi notée dans les dites localités. Les variétés considérées y ont manifesté une sensibilité à la mosaïque, mais à des degrés divers. Sur 5654 plants analysés, 1483 plants étaient sains et 4171 étaient malades, exposant une incidence moyenne de 73,8%. L'incidence la plus élevée a été enregistrée dans la localité de Bouar (97%) et la plus faible à Sibut (67%). On constate aussi que l'incidence de la maladie diminue progressivement de l'ouest (Bouar) vers le centre du pays (Sibut). Cette variation spatiale de l'incidence de la maladie s'expliquerait peut-être par la différence d'altitude, qui est plus élevée à Bouar (1000 m) qu'à Sibut (410 m) par exemple. Mais ce critère altitudinal déterminerait-il forcément les degrés de sévérité de la maladie ?

Tableau IV : Incidence de la maladie dans les différentes localités rurales

Localité	Nombre de plants sains	Nombres de plants malade	% Incidence	Nombre de variétés Identifiées par localité
BOUAR	19	596	97	6
BOSSEMPTELE	177	488	73	4
BOALI	519	1348	72	8
DAMARA	349	835	71	7
BAORO	210	478	70	12
SIBUT	209	426	67	10
Total	1483	4171	73,8	47

Niveau de sévérité de la maladie

On a utilisé dans ce travail deux paramètres pour étudier la sévérité de la maladie. Il s'agit du *taux d'attaque foliaire* et de l'*indice de gravité des symptômes* (IGS) de COURS (1951). La sévérité de la maladie est décrite par le niveau d'expression des symptômes sur les feuilles des plants malades. Elle est appréciée par le nombre des feuilles atteintes par plant qui traduit le taux d'attaque et l'état de dégradation de celles-ci lié à la dépigmentation et la réduction de la surface foliaire, phénomènes qui entravent le développement des tubercules par limitation de la photosynthèse.

L'état de dégradation des feuilles est mesuré par l'échelle de COURS (IGS).

Taux d'attaque foliaire

Le taux d'attaque foliaire est le pourcentage des feuilles des plants présentant des symptômes de maladie. Ce taux est élevé dans les régions de Boali, Damara, Sibut et Bouar, variant de 71% à 85%, mais il est légèrement au-dessous de la moyenne à Bossemptélé (53%)

Tableau V : le taux d'attaque foliaire des plants malades par localité

Localité	Attaque foliaire en %
DAMARA	85,48
SIBUT	83,00
BOUAR	80,00
BOALI	71,86
BAORO	59,00
BOSSEMPTELE	53,00
Total	72,00

et à Baoro (59%) (Tableau V). Signalons en passant que ces deux dernières localités sont voisines et situées à des altitudes comprises entre 600 et 800 mètres ; mais Baoro est située plus haut que Bossempaté.

Ces paramètres altitudinaux pourraient expliquer le rapprochement de taux d'attaque foliaire dans ces deux localités que si on admet le transfert des vecteurs par le vent, de l'espace situé plus haut vers celui qui est plus bas, ou bien que l'altitude entretiendrait l'essor de la maladie. En effet, 12 variétés différentes du manioc ont été identifiées à Baoro alors que 4 seulement l'ont été à

Bossempaté. Cela pourrait justifier la sensibilité de la maladie de manioc aux nuances altitudinales.

Indice de sévérité ou Indice de Gravité des Symptômes (IGS) de la maladie sur le rendement

Le niveau de gravité de la maladie est évalué par le taux d'attaque foliaire et l'indice de la gravité des symptômes qui sont complémentaires. Le taux d'attaque foliaire est le pourcentage des feuilles atteintes sur les plants malades, et l'indice de sévérité décrit l'état de dommage occasionné par la maladie sur les feuilles. Ces dommages se traduisent par la réduction de la surface foliaire, l'enroulement de la feuille sur elle-même et la dépigmentation (taches jaunes et vert clair). L'indice de sévérité varie de 0 à 5. L'indice 0 désigne les plants

Tableau VI : Répartition des plants en fonction de l'IGS (COURS, 1951)

IGS	Nombre de plants	%
1	1359	32,59
2	1644	39,41
3	925	22,18
4	231	05,54
5	12	00,30
Total	4171	100

sains, et les indices 1 à 5 représentent les plants malades dont l'aggravation de la maladie engendrerait la hausse de l'indice de sévérité. On constate d'après ces résultats, que 67% des plants infectés dans les six localités affichent des indices de sévérité qui varient de 2 à 5 (Tableau VI). L'indice moyen est de 2,02. Cette situation serait inquiétante car à partir de l'indice 2, la production est divisée par 2, et, à partir de l'indice 3 la baisse de production atteint les trois-quarts ; elle chuterait donc de moitié ou de deux tiers proportionnellement à l'étendue du champ. Ceci affecterait sensiblement le rendement à l'échelle des champs étudiés.

Impact de l'IGS de la maladie sur le rendement des champs de manioc dans les six localités

« Plus l'indice de sévérité augmente, plus le rendement chute », tel est l'enseignement tiré de l'impact de l'IGS de la maladie sur le rendement dans les localités rurales retenues. Les mêmes résultats attestent que le volume de tubercules produits par plant diminue avec la gravité de la maladie (Tableau VII). Pendant les récoltes, le nombre des plants qui ont manifesté la maladie à indice 4 et 5 a été statistiquement insuffisant et n'a pas été pris en compte dans l'analyse des données. La chute de rendement et l'inhibition du développement des tubercules s'expliqueraient par le niveau de dégradation des feuilles. Celles-ci sont responsables de la photosynthèse, opération par laquelle les glucides (amidon) sont synthétisés et stockés au niveau des tubercules. La dégradation des feuilles a, ainsi, une répercussion directe sur le rendement du manioc, soit sur le volume de production, ce qui induit un impact économique négatif chez le cultivateur.

Tableau VII : L'impact d'indice de gravité des symptômes (IGS) sur le rendement

IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	61	61	61	61	-	-
Nombre de tubercules	327	257	228	170	-	-
Masse de tubercules (Kg)	192,70	122,00	92,53	53,95	-	-
Perte de rendement	-	36%	52%	72%	-	-

Impact économique de la mosaïque africaine

L'impact économique est exprimé par la perte de production au niveau des tubercules. Ainsi, des 420 plants (soit 210 sains et 210 malades) retenus au hasard, les 210 plants sains ont produit 356,64 kg et 821 tubercules. Par contre, les 210 plants malades n'ont produit que 181,45 kg et 602 tubercules (Tableau VIII). Cette perte de rendement remarqué au niveau des plants étudiés est de l'ordre de 49,11%. Cet impact de la maladie sur la production du manioc entraîne une démotivation des paysans d'après les échanges verbaux avec eux sur le terrain. En effet, le manioc est considéré par beaucoup de producteurs comme une « source de revenus » palliative de la baisse de cours mondiaux de coton et de café. Quelques uns ont affirmé avoir abandonné la production du fait des faibles rendements enregistrés ces dernières années. L'ignorance de la maladie de la mosaïque africaine est assimilée, d'un individu à un autre, à des croyances superstitieuses. Pour certains, cette maladie est le fait « qu'une femme en période menstruelle est entrée dans le champ ». Eu égard à cette conception, les femmes, accusées à tort, refusent d'aller au champ pendant leur période menstruelle, ce qui constitue une entrave à la production. Pour d'autres, le faible rendement enregistré serait la suite « d'un acte sorcier ». Une telle 'accusation' donne lieu à de fréquentes polémiques qui engendrent des bagarres parfois mortelles, selon le témoignage d'un chef de village. En outre, l'appauvrissement du sol serait suspecté comme une cause de faible rendement pour une catégorie de producteurs, ce qui les obligerait à parcourir de grandes distances en quête d'un sol riche ou fertile, apportant avec eux des boutures contaminées ou infectées qu'ils propageraient sans résoudre le problème.

Tableau VIII : Impact économique de la maladie sur le rendement

	Nombre de plants	Nombre de tubercules	Masse (Kg)	Rendement en %
Sains	210	821	356,64	66,27
Malades	210	602	181,45	33,72

Etude des caractéristiques morphologiques et biologiques des différentes variétés

Parmi les 47 variétés étudiées, 43 ont manifesté clairement les symptômes de la maladie (Figure 3) ; seules 4 d'entre elles étaient indemnes au moment de l'enquête (Figure 4). Il s'agit de : *Damara*, *Togo rouge*, *Togo blanc* et *ICRA*, des noms vernaculaires donnés par les paysans. Ces quatre variétés pourraient être des variétés qui tolèrent ou résistent à la mosaïque africaine. On a aussi noté 5 variétés de manioc doux parmi les 47 recensés. Celui-ci ne contient pas d'acide cyanhydrique, et sa consommation peut se faire à l'état frais ou cuit sans passer par le rouissage. Ainsi, l'examen de ces données autoriserait à déduire que la plupart des variétés de manioc cultivées en Centrafrique sont vulnérables à la mosaïque africaine, ce qui peut induire une baisse ou une perte de rendement chez beaucoup de producteurs de manioc. Or si ces quatre variétés résistantes peuvent être largement diffusées auprès des cultivateurs, on améliorerait le rendement des champs de manioc.

DISCUSSION

Le manioc est le premier produit vivrier cultivé en République Centrafricaine. Sa culture est pratiquée sur toute l'étendue du territoire et conduit à nourrir la quasi-totalité de la population. Cette culture vitale pour le pays mérite d'y accorder une attention particulière et surtout de la protéger contre la mosaïque africaine qui est une maladie dévastatrice. Celle-ci a été signalée dans plusieurs pays africains comme la première menace contre la culture du manioc. C'est une maladie virale due à un *geminivirus* transmis par un vecteur, la mouche blanche (*Bemisia tabaci*). Les épidémies qu'elle a causées en Afrique de l'Est ont été désastreuses (GIBSON et al., 1996 ; LEGG 1999 ; LEGG et FAUQUET, 2004), ayant engendré

d'énormes pertes de rendement. Cette situation aurait suscité une inquiétude en République Centrafricaine, justifiant la mise en place par une équipe de chercheurs de l'Université de Bangui d'un projet d'étude relative à la mosaïque africaine du manioc.

L'incidence moyenne de la maladie, observée en 5 mois à Bangui (mars à juillet 2005), et en sept mois dans les six autres localités (août 2005-février 2006), a montré des résultats quelque peu dissemblables. D'environ 71,90% à Bangui, elle est respectivement de 97%, 73%, 72%, 71%, 70% et 67% dans les localités : Bouar, Bossempaté, Boali, Damara, Baoro et Sibut (Tableau IV). La plus faible incidence a été enregistrée dans la localité de Sibut (67%), et la plus élevée à Bouar (97%). La situation de Bouar est alarmante et mériterait une attention particulière, car la quasi-totalité des plants du manioc dans cette localité sont infectés. Quand on passe de Bouar (région de l'ouest) à Sibut (région du centre-sud), l'incidence de la maladie baisse progressivement. Cela fait penser que la souche qui est à l'origine de cette épidémie

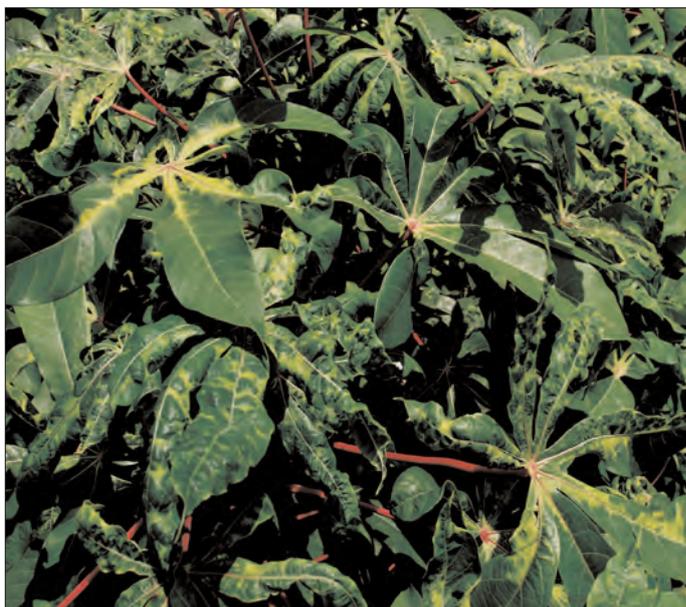


Fig. 3: Symptômes caractéristiques sur feuilles



Fig. 4: Un plant sain, sans mosaïque sur les feuilles

serait entrée du côté ouest du pays et progresserait vers le centre (Figure I). Les facteurs géographiques et/ou altitudinaux pourraient aussi être à l'origine de la régression de l'incidence de l'ouest vers le centre-sud : la région de l'ouest est à une altitude relativement élevée (1.000 m), et celle du centre-sud à basse altitude (410 m). Par ailleurs, on redoute l'introduction dans cet espace d'une souche très virulente ou même des phénomènes de co-infection qui aggraveraient la situation, comme cela a été observé dans d'autres pays de la région (HARRISON *et al.*, 1997 ; LEGG, 1999 ; FONDONG *et al.* 2000 ; NTAWUHUNGA *et al.*, 2002). La ville de Bouar par exemple est située à 200 km de la frontière avec le Cameroun, un pays où une co-infection due à ACMV/CM et EACMV/CM a été signalée (FONDONG *et al.*, 2000), avec une manifestation sévère de la maladie. Deux autres souches virales (EACMVCM-[TZ1] et EACMVCM-[TZ7]) proches de la souche camerounaise ont été identifiées en Tanzanie avec des symptômes qui atteignent 80% d'incidence (NDUNGURU *et al.*, 2005).

Au début des années 1990, une épidémie de la mosaïque africaine du manioc s'est déclenchée en Ouganda avec une incidence ayant occasionné une perte de production de plus de 82% (OTIM-NAPE *et al.*, 1997 ; GIBSON *et al.*, 1996). Ainsi, l'incidence moyenne en République Centrafricaine qui se situe à 73,80%, est très élevée, et pourrait être vraisemblablement dommageable pour la culture du manioc dans toutes les localités étudiées. En effet, la souche ougandaise (EACMV-Ug) est particulièrement virulente, et sa vitesse de propagation est de 20 à 50 km/an (LEGG et OGWAL, 1998). En République du Congo, située au sud de la RCA, l'incidence de la mosaïque était de 79,5% (NTAWUHUNGA *et al.*, 2002), et l'infection a été provoquée par les souches ACMV et EACMV-Ug. La co-infection était due aux mêmes isolats. L'identification de la souche virale centrafricaine et des enquêtes annuelles répétées pourraient conduire à la détermination de la vitesse de la propagation du virus. L'importance de l'incidence pourrait être justifiée aussi par la grande sensibilité à la maladie de la mosaïque des 47 variétés du manioc étudiées. En effet, 43 variétés sur 47 ont clairement manifesté des signes de maladie (Figure 3), selon des taux de sévérité divers et élevés (Tableaux VI et VII). Ces variétés sont en majorité des «variétés traditionnelles» qui sont généralement très sensibles (N'ZUE *et al.*, 2004). Il serait nécessaire qu'un test d'expérimentation s'applique aux quatre variétés supposées 'résistantes' pour vérifier leur performance agronomique et leur sensibilité éventuelle vis-à-vis de la mosaïque africaine. Ces quatre variétés susciteraient de l'espoir chez le paysan, si elles peuvent être largement diffusées, car leur rendement serait le double ou le triple de celui des variétés sensibles. Le couplage de l'étude de l'incidence à celle de l'état de sévérité de la maladie s'avère indispensable pour mieux apprécier la gravité du problème.

A Bangui, le taux d'attaque foliaire des différentes variétés n'a pas beaucoup varié au cours du temps (74,66% à 78,17%), avec une moyenne de 76,21%. Toutes les variétés étudiées sont atteintes, et révèlent des taux très élevés, situés entre 77% et 88,8%, sauf la variété *Vourou-gozo* qui a un taux moyen de 52,66%. Le taux d'attaque foliaire, un des indicateurs de la mosaïque africaine, varie en fonction des zones, et est très élevé dans les régions de Boali, Damara, Sibut et Bouar (71% à 85%), alors qu'il est moyen à Bossemptélé (53%) et à Baoro (59%), deux localités voisines. Les facteurs géographiques pourraient donc avoir un impact sur la diversité de ces résultats ; la ville de Damara, par exemple, a battu le record avec un taux d'attaque foliaire de 85,48%. Il est à signaler par ailleurs qu'il n'y a pas une corrélation directe entre l'incidence de la maladie et le taux d'attaque foliaire. Les localités de Damara et Sibut dépassent en taux d'attaque foliaire les localités qui ont des incidences plus élevées. On y retrouve pratiquement les mêmes variétés du manioc. Ces variétés exprimeraient facilement la maladie au niveau des feuilles ce qui peut expliquer l'élévation du taux d'attaque foliaire dans ces deux localités. Par ailleurs, le taux d'attaque foliaire varie en fonction des variétés de manioc considérées (Tableau II). Avec des taux moyens d'attaque foliaire très élevés (moyennes de 76,21% à Bangui et 72% dans les autres localités), un grand risque de déperdition de rendement serait à prévoir si rien n'est fait pour contrer la progression de la mosaïque.

Un autre paramètre décrivant l'état de sévérité de la maladie est l'Indice de Gravité des Symptômes (IGS). Dans les localités de Boali, Sibut, Damara Bouar, Baoro et Bossemptélé, 4171

plants malades étudiés se répartissent en fonction de l'IGS de la manière suivante : 1359 (32,59%) plants à l'indice 1 ; 1644 (39,41%) plants à indice 2 ; 925 plants (22,18%) à indice 3, 231 plants (5,54%) à indice 4 et 12 plants (0,30%) à indice 5. On note ainsi que 67% des plants malades sont infectés dont les indices de gravité des symptômes (IGS) variant de 2 à 5 ; au Congo, 62,1% des plants sont atteints avec des IGS compris dans la même fourchette (NTAWUHUNGA *et al.*, 2002). Cela justifierait une situation d'inquiétude pour le rendement de la culture de manioc dans le pays, voire pour toute l'Afrique Centrale. On constate que, plus l'indice de gravité des symptômes augmente, plus la perte de la production est importante (Tableaux III et VII). D'autres auteurs ont fait la même observation (COURS, 1951). Les symptômes analysés : la dépigmentation, la réduction de la surface foliaire, l'enroulement sont des phénomènes qui réduisent considérablement la photosynthèse de la plante, notamment par la destruction de la chlorophylle (CRAWLEY, 1999), avec des conséquences notables sur la production du manioc. L'altération de la chlorophylle réduit la photosynthèse, l'élaboration des glucides par la plante (BINET et BRUNEL, 1968). La réduction de la photosynthèse a ainsi un impact direct sur le développement des tubercules du manioc par inhibition de la synthèse de l'amidon (VANDEVENNE, 1975 ; MAHUNGU, 1984 ; FAUQUET *et al.*, 1987).

L'indice 3 de l'IGS atteste d'une perte de production de l'ordre de 41,1% à Bangui, et l'indice 2 témoignerait déjà d'une baisse de moitié de la production du manioc dans les six autres localités. Ce niveau de sévérité élevé pourrait être dû à la virulence de la souche virale qui circule dans la région épidémiologique ou au phénomène de co-infection due à plusieurs souches du virus (OWOR *et al.*, 2004), voire au bouturage répété du matériel végétal contaminé qui augmenterait ainsi la charge virale dans la plante. Cet état de sévérité démontrerait bien le faible rendement du manioc enregistré par les paysans ces dernières années.

En ce qui concerne l'impact économique (Tableau VIII), les résultats obtenus, qui ont constaté que la maladie inhibe la tubérisation des plants (OWOR *et al.*, 2004), à l'origine de la perte de rendement (49,11%), confirmeraient certains travaux (MOLLARD, 1987) qui ont montré que les boutures saines doublent le rendement en tubercules frais. On pense que la perte réelle serait largement supérieure à 49,11%. D'après la méthode utilisée, 50% de plants malades sont comparés à 50% des plants sains, alors que l'incidence réelle est de 73,8%. Par extrapolation, la perte de production est estimée à 70%. Cela renforcerait l'hypothèse selon laquelle la souche EACMV-Ug, qui est très dévastatrice (LEGG et FAUQUET, 2004 ; OTIM-NAPE *et al.*, 1997 ; ZHOU *et al.*, 1997), sévirait déjà en RCA. Une perte de 65% due à la mosaïque africaine a été déjà observée dans les champs de manioc au Congo (MABANZA *et al.*, 1993). Cette perte réduirait l'effort des paysans et confirmerait leur démotivation constatée lors des enquêtes. La difficulté est qu'il n'existe pas de mécanisme de distribution rationnelle des boutures saines auprès des paysans. Chaque paysan s'approvisionne à n'importe quelle source (des villages voisins, du voyage, de certains opérateurs économiques ou ONG etc.). Les noms des variétés sont souvent donnés par des paysans en fonction des sources de provenance du plant et des caractéristiques morphologiques ou organoleptiques du manioc.

Au cours de la prospection on a remarqué la présence d'autres maladies sur les plants, telles que : la cochenille farineuse, la bactériose et autres. Les champs de manioc de la région de Bouar sont sérieusement touchés par la cochenille farineuse alors que c'est dans cette même région que l'incidence de la mosaïque est la plus élevée. On y a aussi constaté un jaunissement précoce des feuilles qui serait dû à un appauvrissement du sol en sels minéraux. Est-ce cela qui aurait favorisé la forte sensibilité des plants à la mosaïque et d'autres maladies dans cette localité ? L'analyse pédologique des différentes localités qui ont fait l'objet de notre étude, la caractérisation des souches virales de la mosaïque et l'étude expérimentale des écotypes du manioc cultivés en Centrafrique seraient indispensables pour la clarification de la situation.

CONCLUSION

Ce travail, le premier du genre en Centrafrique, constitue une source non négligeable d'informations techniques, pouvant orienter une action de recherche phytopathologique, virologique et agronomique. Il signale que la mosaïque africaine du manioc existe bien en RCA et que les symptômes sont indicateurs d'une baisse de production, comme cela a été prouvé ailleurs. Cet état de connaissances pourrait être guidé par des tests d'expérimentation et des analyses poussées pour mieux comprendre l'expansion du phénomène dans le pays. En effet, la culture de manioc en RCA est essentiellement pratiquée par des paysans qui utilisent des méthodes traditionnelles ou empiriques. La démarche utilisée a consisté à faire l'état de la situation actuelle concernant la mosaïque du manioc car on estime que c'était nécessaire avant de passer à la phase expérimentale. Les résultats de cette étude ont démontré que le manioc centrafricain est exposé aux effets de la mosaïque africaine et qu'une situation catastrophique en découlerait probablement si rien n'est fait. Quatre variétés (Damara, Togo rouge, Togo blanc et ICRA) supposées tolérantes ou résistantes sont en cours d'expérimentation. Ce travail devrait s'élargir aux différentes zones agroécologiques pour valider leur performance agronomique vis-à-vis de la mosaïque africaine. L'identification du virus responsable de la maladie, la création de nouvelles variétés et la mise en place d'un laboratoire pour la production des plants *in vitro* sont envisageables. Il serait nécessaire de réglementer les mécanismes de transfert des boutures par la mise en place d'un comité chargé de la gestion, du contrôle et de la distribution de boutures saines aux producteurs. Compte tenu de la mauvaise connaissance de la maladie par la population, il serait judicieux d'organiser des séminaires, des ateliers d'information et de sensibilisation à l'intention des techniciens agricoles et des producteurs. La mise au point d'un test de diagnostic rapide serait aussi une voie à la résolution du problème.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRO N., 1994. Caractéristique sérologique biologique et aspects écologiques de quelques virus infectant les plantes maraîchères au Burkina Faso. *Thèse* 171 p.
- BINET P. & BRUNEL J.P., 1968. Physiologie Végétale : Photosynthèse. *Edition DOIN*. P 793
- BOCK K.C., GUTHRIE E.J. & FIGUEIREDO G.C., 1981. A strain of cassava latent virus occurring in coastal districts of Kenya. *Annals of Applied Biology* 85: 305-308.
- CHATENET M., 1989. Enquête sur les principales viroses des cultures maraîchères au Burkina Faso. *Rapport de mission DC V patho2*, 9P.
- COURS G., 1951. Le manioc à Madagascar. *Mémoire de l'Institut Scientifique de Madagascar, série B, Biologie Végétale* 3 : 203-416.
- CRAWLEY M. 1999. Un regain d'espoir pour la production du manioc en Ouganda. Le CRDI, *Explore, la voix de la recherche du sud*.
- FARGETTE D., 1987. Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d'Ivoire. *Thèse ORSTOM. Paris* : 243p.
- FARGETTE D., FAUQUET C. & THOUVENEL J.C., 1985. African cassava mosaic virus. *Annals of Applied Biology* 106: 285-294.
- FAUQUET C., FARGETTE D. & THOUVENEL J.C., 1987. Impact de la mosaïque africaine du manioc sur la croissance et le rendement du manioc. *Actes du séminaire YAMOUSSOUKRO. CTA, ORTOM*. 19-22.
- KONATE G., BARRO N., FARGETTE D., SWANSON M.M. & HARRISON B.D., 1995. Occurrence of whitefly-transmitted geminiviruses in crops in Burkina Faso, and their serological detection and differentiation. *Annals of Applied Biology*, 126: 121-129.
- FONDONG V. N., PITA J. S., REY M.E.C., DE KOCHKO A., BEAUCHY R. N. & FAUQUET C.M., 2000. Evidence of synergism between Africa Cassava Mosaic Virus and a new double-recombinant geminivirus infecting cassava in Cameroon. *Journal of general. Virology*, 81 : 287-297.
- GIBSON R.W., LEGG J.P. & OTIM-NAPE G.W., 1996. Unusually severe symptom are a characteristic of the current epidemic of mosaic virus disease of Cassava in Uganda. *Annals of Applied Biology* 128: 479-490.

- HARRISON B. D., ZHOU X., OTIM-NAPE G. W., LIU Y. & ROBISSON D. J., 1997. Role of a novel type of double infection in the geminivirus-induced epidemic of severe cassava mosaic in Uganda. *Annals of Applied Biology* 131: 437-448.
- LEGG J.P., 1999. Emergence, spread and strategies for controlling the pandemic of Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa. *Crop Prot.* 18: 627-637
- LEGG J.P. & FAUQUET C.M., 2004. Cassava mosaic geminiviruses in africa. *Plant Molecular Biology*, 56 : 585-599.
- LEGG J.P. & OGWAL S., 1998. Changes in the incidence of African Cassava mosaic geminivirus and the abundance of its whitfly vector along south-north transects in Uganda. *J. Appl. Entomol.*, 122 : 169-178.
- MABANZA J., BOUMBA B., BANTIVAI C. & BECHIR K., 1993. L'incidence de la mosaïque et de la bactériose sur le manioc à ODZIBA pendant les six premiers mois de la culture. *ORSTOM Congo Actualités* n°7. 5p.
- MAHUNGU, 1984. Rapport. PRONAM.
- MALLOUHI N. & KAFARA J.M., 2002. La culture du manioc en Centrafrique. CTP/ICRA. 16p.
- MOLLARD E., 1987. La mosaïque africaine du manioc chez les paysans de basse Côte d'Ivoire. *Actes du séminaire YAMOUSSOUKRO. CTA, ORTOM.* 139-147.
- NDUNGURU J., LEGG J.P., AVELING T.A.S., THOMPSON. G. & FAUQUET C.M., 2005. Molecular biodiversity of Cassava begomoviruses in Tanzania : evolution of Cassava geminiviruses in Africa and evidence for East Africa being a center of diversity of Cassava geminiviruses. *Virology Journal. Volume .*
- NTAWURUHUNGA P., OKUJA O., LEGG J.P., BEMBE A. & OBAMBI M., 2002. Situation de la maladie pandémique virale de la mosaïque du manioc en République du Congo. *Rapport diagnostique d'enquête sur les maladies et pestes de la culture du manioc* 37p.
- NZUE B., ZOHOURI P.G. & SANGARE A., 2004. Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta crantz*) dans trois zones agroclimatiques de la côte d'Ivoire. *Association ivoirienne des sciences agronomiques, Abidjan, COTE D'IVOIRE*, 16, (2) : 1-7.
- OGBE F. O.; THOTTAPPILY G.; DIXON A.G.O.; ATIRI G.I. & MIGNOUNA H.D., 2003. Variants of East African Cassava Mosaic Virus in Nigeria. *Plants Disease*, 87 (3).
- OTIM-NAPE G.W., BUA A., THRESH J.M., BAGUMA Y., OGWAL S., SSEMAKULA G.N., ACOLA G., BYABAKAMA B., COLVIN J., COOTER R.J. & MARTIN A., 1997. Cassava Mosaic Virus Disease in East Africa and its Control. *Natural Resources Institute, Chatham, UK*, 100p
- OWOR B., LEGG J.P., OKAO-OKUJA G., OBONYO R., R. & OGENGA-LATIGOM W., 2004. The effect of cassava mosaic geminivirus on symptom severity, growth and root yield of a cassava mosaic virus disease-susceptible cultivar in Uganda. *Annals of Applied Biology* 145: 331-337.
- PITA J.S., FONDONG V.N., SANGARE A., OTIM-NAPE G.W., OGWAL S. & FAUQUET C.M., 2001. Recombination, pseudorecombination and synergism of geminivirus are determinant keys to the epidemic of severe cassava mosaic disease in Uganda. *Journal of General Virology*, 82: 655-665.
- STOREY J. & NICHOLS R.F.W., 1938. Studies on the mosaic of cassava. *Annals of applied Biology* 25: 790-806
- TISSERANT C., 1953 : L'agriculture dans les savanes de l'Oubangui. *Bulletin de l'Institut des études Centrafricaines (Brazzaville), nouvelle série*, 6 : 27
- VANDEVENNE R., 1975. Principaux résultats d'expérimentation effectués sur manioc (*M. esculenta Crantz*) à la station Centrale de l'IRAT à Bouaké entre 1968 et 1975, *Rapport IRAT*, 70-84.
- WARBURG O., 1894. Die kuiturpflanzen usambaras. *Mitt. Deutsch. Schutzgeb* 7, 131. *Annals of Applied Biology* 25: 790-80
- WERE H.K., WINTER S. & MAISS E., 2004. Occurrence and distribution of cassava begomoviruses in Kenya. *Annals of Applied Biology*, 145 (2) : 175-184
- ZHOU X., LIU Y., CALVERT L., MUNOZ C., OTIM-NAPE G. W., ROBISSON D. J. & HARRISON B. D., 1997. Evidence that DNA-A of a geminivirus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by interspecific recombination. *Journal of General Virology* 78:2101-2111.