

QUELQUES EFFETS DE LA MOSAÏQUE AFRICAINE DU MANIOC (MAM) SUR LES PREMIERS STADES DE CROISSANCE DU MANIOC

RAFFAILLAC, J.P. & NEDELEC, G.
Laboratoire d'Agronomie, ORSTOM Adiopodoumé, BP V 51,
ABIDJAN, COTE D'IVOIRE.

INTRODUCTION

La contamination d'un plant de manioc par le virus de la MAM se fait par deux voies :

- les plants qui fournissent le matériel de plantation sont déjà porteurs du virus et les boutures qui en sont issues donnent des plantules contaminées dès le départ,
- le plant sain au départ est contaminé au cours du cycle cultural par la mouche blanche *Bemisia* : les époques et les intensités de cette contamination dans les conditions du Sud de la Côte d'Ivoire sont variables (Fargette, 1985).

L'objectif de ce document est de situer certains effets du virus à différents niveaux de la plante : bouture, feuilles, parties aériennes, racines et racines tubérisées, et les conséquences que cela peut entraîner à la fois en fin de cycle et pour les cycles suivants.

Les résultats présentés ici sont issus de plusieurs essais agronomiques conduits entre 1983 et 1986 sur la Station Expérimentale du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire. Pour la plupart d'entre eux, c'est la variété CB qui a été utilisée car les travaux de sanitation du laboratoire de Virologie de ce centre permettaient de disposer d'un matériel végétal bien défini, exempt du virus au niveau de la bouture au départ. Cependant, dans certains cas, on a observé des contaminations dès l'émergence des premières feuilles sur certains plants, ce qui a permis des comparaisons avec des plants contaminés à différents stades au cours des premières semaines.

Parmi les contrôles du matériel de plantation et au cours de la croissance du jeune plant, le facteur MAM, sans être étudié pour lui-même, a dû être pris nécessairement en compte du fait des modifications qu'il induit sur la surface des feuilles.

La Mosaïque Africaine du Manioc est abordée tour à tour dans ses effets sur la reprise de croissance des boutures et sur la qualité du matériel de plantation, dans son évolution au cours du temps et vis-à-vis de la fertilisation.

EFFETS DE LA MAM SUR LES PREMIERS STADES DE CROISSANCE DE LA PLANTE

Dans deux essais utilisant la variété CB, il a été possible de constituer parmi tous les plants des groupes homogènes vis-à-vis de la date de contamination par le virus. Un passage hebdomadaire exhaustif a permis de relever cas par cas la date d'apparition des symptômes sur les plantules dont la bouture de longueur fixée à 20 centimètres avait été contrôlée initialement au niveau de l'origine, du poids et du nombre de nœuds.

Les groupes retenus sont constitués au minimum de 10 plants :

- plants sains tout au long de la période étudiée (S)
- plants dont les symptômes du virus sont observés dès l'émergence des premières feuilles (V),
- plants dont la contamination a été observée aux 3, 4 et 5ème passages - 2 à 4 semaines - (S-V, 2-4),
- plants dont la contamination a été observée aux 5, 6 et 7ème passages - 6 à 8 semaines - (S-V, 6-8).

L'étude ne concerne que les premières semaines du cycle pendant lesquelles la concurrence entre les plants est considérée comme négligeable : pas de compétition pour la lumière (couverture du sol incomplète), ni pour l'eau (reprise des pluies ou/et irrigation).

Les contrôles de croissance effectués en début de cycle : poids des différentes parties de la plante, nombre de tiges, de feuilles, de racines permettent ainsi de situer les groupes entre eux dans leur réaction à la contamination virale.

RESULTATS ET DISCUSSION

Deux types de résultats ont été réunis, d'une part sur le nombre de racines à 33 jours (tableau 1), d'autre part sur le niveau de croissance des aériens et des tubercules à 76 jours (tableau 2).

Groupe	Poids frais Bouture (g)	Nombre de Noeuds	Nombre de racines	
			Nodales	Basales
S	40-65	6,9a	4,1a	16,7a
V	40-65	7,2a	3,4a	15,2a
S	90-120	10,8b	8,9b	21,4b
V	90-120	11,0b	7,6b	23,1b

a, b : sur les colonnes, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles pour $p = 0.95$.

Tableau 1 : Comparaison du nombre de racines nodales et basales de boutures saines (S) et de boutures virosées (V) pour deux catégories de poids chez le manioc à cinq semaines.

A	Nombre de tiges	Nombre de Ramifications*	Pods sec Feuilles (g)
V (n = 18)	2,1a	2,1a	69,4a
SV. 2-4 (n = 11)	2,3a	2,6a	77,9ab
SV. 6-8 (n = 14)	1,9a	3,7b	92,0b
S (n = 25)	2,2a	4,7c	127,2c

* : ramifications non provoquées par la floraison
n : nombre de répétitions.

B	%de racines de Ø > 5 mm	somme des Ø > 5 mm	Ø maximum (mm)
V	23a	74,1a	8,7a
S-V. 2-4	22a	91,3ab	8,2a
S-V. 6-8	49b	126,4bc	13,1b
S	56b	163,6c	17,8c

a, b, c : sur les colonnes, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes pour $p = 0,95$.

Tableau 2 : Effets de la contamination par le virus au départ et en cours de cycle sur le niveau de croissance des parties aériennes (A) et sur le début de la tubérisation (B) à 2,5 mois.

Dans le cas de l'effet de la MAM sur l'enracinement (tableau 1), le comptage est fait alors que l'émission des racines est complète. La quantité de racines que la bouture offre au départ à poids égal est la même, qu'il y ait ou non présence du virus. Comme toutes les racines émises sont anatomiquement les mêmes et sont toutes potentiellement susceptibles de tubériser (Indira, 1970), c'est le niveau des réserves de la bouture qui pourra jouer en premier lieu sur la composante du rendement nombre de tubercules.

Les résultats du tableau 2 sont obtenus à partir des observations de plants dont la bouture de départ se situait entre 60 et 130 grammes pour chacun des groupes. On n'observe pas d'effet sur le nombre de tiges sorties par plant. Le niveau de croissance des feuilles est d'autant plus affecté que la présence du virus sur le plant est précoce.

Le poids sec des feuilles, que l'on peut globalement assimiler à la surface photosynthétisante, subit une chute de 45% par rapport au témoin, dans le cas extrême d'un plant virosé dès le départ. Cette baisse est imputable pour partie à la réduction du nombre de ramifications qui se développent normalement à partir de bourgeons latéraux de la (ou des) tige (s) principale (s). La limitation du feuillage entraîne une occupation de l'espace plus faible et la concurrence pour la lumière, intraspécifique et/ou avec des adventices et des plantes cultivées en association, se fera au détriment d'un tel plant.

La prise en compte des deux composantes du rendement : nombre et poids (représenté ici par le diamètre) de racines tubérisées montre que la maladie intervient très tôt sur la tubérisation en ralentissant le grossissement des axes primaires à la fois en nombre et individuellement (tableau 2B). Sur la base d'une racine tubérisée dont le diamètre est supérieur à 5 millimètres, le pourcentage de ce type rapporté au nombre total de racines est diminué significativement pour les plants virosés au départ et avant 5 semaines. Par ailleurs, le diamètre maximum de la plus grosse racine tubérisée sur le plant diminue de 26 à 51% par rapport au témoin. Quels que soient les

phénomènes qui vont intervenir après 2 mois et demi, l'apparition précoce de la maladie se traduit par un ralentissement de l'accumulation des réserves et la baisse du nombre de racines tubérisées sur le plant considéré isolément.

EFFETS DE LA MAM SUR LA QUALITE DES BOUTURES

A la récolte d'un essai à 17 mois, une étude particulière a porté sur la comparaison des tiges de plants (variété CB) dont la contamination par le virus au cours du cycle avait été enregistrée chaque semaine. Pour réunir un nombre suffisant de répétitions, les dates d'apparition de la maladie sur les dernières feuilles ont été regroupées sur des périodes de 21 jours pour l'ensemble des parcelles qui ne présentaient pas de différence significative entre elles. Seuls les plants à deux tiges ont été retenus.

Les contrôles ont porté sur le diamètre de base de la tige la plus grosse de chaque plant, mesuré vers 5 centimètres au-dessus du point d'insertion sur la bouture. Par ailleurs, une seule bouture de 20 centimètres de longueur a été constituée à la base de cette tige, sur laquelle le poids frais a été mesuré.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 3 regroupe les observations qui ont porté sur les tiges à la récolte et sur la bouture de base qu'elles ont fournie.

Date d'apparition des symptômes	Nombre d'observations	Ø Base tige	Poids de la bouture de base
2-4 semaines	17	25,9a	67,4a
6-8 semaines	25	26,3a	79,8a
10-12 semaines	27	31,4bc	109,8b
14-16 semaines	19	35,3c	117,4b

a, b : les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes pour $p = 0,95$

Tableau 3 : Effets de la contamination par la MAM sur la tige de manioc à la récolte et sur une bouture de base issue de cette tige

Une contamination précoce du plant de manioc réduit la croissance en diamètre de la tige, ce qui traduit pour partie des phénomènes de concurrence au sein de la structure végétale : les plants sains, situés autour du plant malade très tôt au cours du cycle, créent un ombrage pour celui-ci. Par ailleurs, sur le plant lui-même, la réduction de la surface des feuilles a pu entraîner une diminution de fabrication de matière sèche. Cela se répercute sur les réserves des boutures qu'elles fourniront. On obtient ainsi un matériel végétal de moins bonne qualité, qui réduit le nombre de racines (cf. première partie). Un plant contaminé tôt au cours du cycle cultural donnera ainsi à la récolte des boutures qui pourront être plus sensibles aux aléas du climat (stress hydrique par exemple), du fait de la faiblesse des réserves, rendant en particulier la reprise plus difficile. Le système racinaire sera réduit en nombre, ce qui pourra modifier la première composante du rendement : le nombre de racines tubérisées.

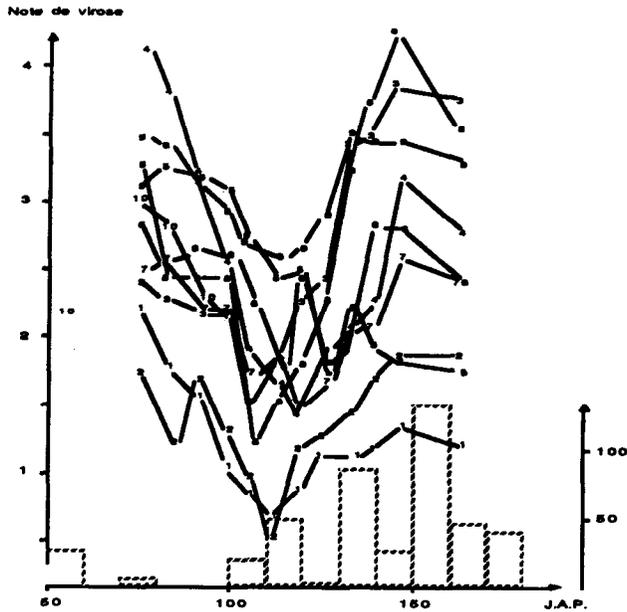


Fig. 1 : Evolution au cours du temps de l'intensité moyenne de la virose sur la plus jeune feuille complètement développée de dix clones de manioc contaminés à l'implantation et pluviométrie pour la même période.

EVOLUTION DE LA MAM AU COURS DU CYCLE

Deux essais ont permis de cerner les fluctuations au cours du temps des symptômes de la maladie : un essai portant sur la comparaison de dix clones dont les boutures de 20 centimètres étaient toutes virosées dès la plantation, et un essai sur le travail du sol avec la variété CB exempte du virus.

Dans les deux cas, un suivi hebdomadaire du rythme d'émission foliaire se faisait par repérage de la plus jeune feuille complètement développée, sur laquelle une note de 0 (pas de symptôme) à 5 (symptômes les plus sévères) selon l'échelle de Cours (1951) était donnée. La moyenne concerne 15 plants dans l'essai comparant les dix clones et 45 plants dans l'essai sur le travail du sol.

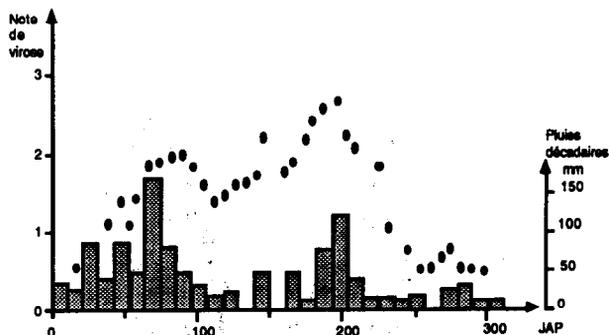


Fig. 2 : Evolution au cours du cycle de l'intensité moyenne de la virose sur la plus jeune feuille complètement développée d'une parcelle de manioc sain à l'implantation (variété CB) et pluviométrie.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les figures 1 et 2 montrent l'évolution des symptômes sur la plus jeune feuille complètement développée pendant 3 mois et demi et la totalité du cycle cultural, et présentent la pluviométrie pour les mêmes périodes.

Pour les dix clones, on relève une tendance générale à la baisse de la sévérité des symptômes, coïncidant avec la fin de la saison sèche. Les symptômes sont à leur minimum à la reprise des premières pluies et s'aggravent par la suite.

Dans la figure 2 qui représente une situation différente dans la mesure où les plants étaient sains au départ, on relève une première augmentation des symptômes sur l'essai, due à la contamination d'un plus grand nombre de plants au cours du temps. A la fin de la saison des pluies où la contamination était de 100%, les symptômes diminuent puis reprennent avec l'arrivée de la deuxième saison des pluies. A partir du septième mois du cycle, la note moyenne diminue fortement.

Les fluctuations saisonnières enregistrées globalement dans ces deux essais sont difficiles à interpréter car l'âge du plant intervient. Il est cependant intéressant de retirer de ces observations l'effet de la reprise des pluies sur l'accroissement des symptômes. Des expérimentations complémentaires avec des contrôles sur la physiologie de la plante (état nutritionnel) couplées avec les résultats de Fargette (1985) sur les fluctuations des populations de *Bemisia* pourraient apporter des éléments d'explication.

EFFET DE LA MAM SUR LA FEUILLE DE MANIOC

Pour plusieurs contrôles de l'état nutritionnel des plants de manioc par le Diagnostic Foliaire, la distinction entre feuilles saines et feuilles malades a été faite. La feuille de référence est la plus jeune feuille complètement développée de chaque tige. Outre les analyses des principaux éléments, des mesures de surface par planimétrie et de poids sec ont permis de préciser certains effets de la maladie sur ce type de feuilles de la variété CB.

Par ailleurs, dans un essai de fertilisation (Van Hanja, 1983, Raffailac, 1984-b) d'un clone local Bonoua-BR1, la dynamique de la contamination en début de cycle a pu être analysée sur

l'ensemble de l'essai. Pour cela, on a distingué trois traitements : N 0 = témoin non fertilisé, N 100 = 100 unités de N (urée) et N 200 = 200 unités de N (urée) apportées à la plantation. Les repérages hebdomadaires des plants contaminés se faisaient sur la plus jeune feuille complètement développée, dont on mesurait la longueur du lobe médian, représentative de la surface du limbe.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 4 situe l'effet de la fertilisation azotée du plant de manioc sain sur la recontamination par la mouche blanche *Bemisia* entre la sixième et la dixième semaine du cycle.

Traitement	% de plants contaminés	Longueur lobe médian d'une feuille saine (cm)	% N	% K
N 0	54,3a	16,6 a	5,23	1,81
N 100	69,0b	17,5b	6,29	1,82
N 200	75,1c	17,6b	6,22	1,87

a, b, c : les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes pour $p = 0,95$.

Tableau 4 : Effet de la fertilisation azotée sur la contamination du manioc par la MAM entre le 42 et le 70ème jour du cycle et sur la feuille saine à 42 jours.

La fertilisation azotée a favorisé la recontamination des plants dans cet essai. Cette augmentation de la virose sur les parcelles fertilisées est à mettre en parallèle avec l'extension de la surface du limbe de la feuille saine, de même qu'avec une tendance à la concentration relative de l'azote total.

Le tableau 5 indique une diminution de surface de 69% au maximum de la plus jeune feuille complètement développée, avec une augmentation significative de la masse surfacique en parallèle.

Groupe de plants :	S (sains)	SV. 6-8 (virovés)	
		V3*	V5
Surface (cm ²)	386a	208b	119c
Poids sec/Surface (mg/cm ²)	3,5a	3,9b	4,4 c
% N	5,19a		5,85b
% P	0,42a		0,50b
% K	1,74a		2,07b
% Ca	0,66a		0,68a
% Mg	0,26a		0,31a

a, b, c : sur chaque ligne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes pour $p = 0,95$. * : V3, V5 = indices virose de G. COURS (1951).

Tableau 5 : Comparaison à 72 jours de la plus jeune feuille complètement développée de plants de manioc sains et virosés.

Cette réduction de la surface unitaire de la feuille n'est cependant pas constante dans le temps et on observe l'alternance de feuilles atteintes à des degrés divers sur la même tige et sur les plants qui composent le peuplement. Cela n'impliquera pas forcément un ralentissement de la photosynthèse par l'ensemble du peuplement végétal. La pénétration de la lumière au sein du couvert est favorisée par la réduction de surface de la partie supérieure de la couverture végétale : on a ainsi mesuré un accroissement de la quantité de lumière (dans le domaine Phar) à mi-hauteur des tiges sur une parcelle de plants virosés de trois mois. Cette augmentation était comprise entre 20 et 65% suivant la situation : plants à une ou plusieurs tiges, importance de l'intensité de la virose sur les plus jeunes feuilles. Dans ces cas, plus de feuilles peuvent fonctionner plus efficacement; des contrôles sur l'efficacité des différents types de feuilles pour l'élaboration de la matière sèche et sa migration vers les racines pourraient apporter un complément de connaissance dans ce domaine.

Les teneurs en éléments N, P et K sont augmentées significativement dans la feuille virosée : la distinction entre feuille saine et feuille malade pour évaluer le niveau nutritif des plants de manioc par le diagnostic foliaire s'avère indispensable compte tenu de ces différences.

Suivant l'arrivée plus ou moins précoce de la MAM, les différences d'intensité selon l'étage foliaire et la présence de proportions variables de plants sains et malades sur la parcelle, et ceci en interaction avec les facteurs plus ou moins favorables du milieu, les pertes de rendement auxquelles on pourrait s'attendre à partir des mesures de baisse de surface foliaire seront extrêmement variables. Le plant de manioc est capable de compensations très élevées (Raffaillac, 1984-a), et la perte de rendement au niveau de l'individu est à différencier de la perte au niveau de la parcelle.

L'éclaircissement du couvert végétal par la maladie ne doit pas être forcément synonyme de perte de rendement en racines tubérisées. On sait en effet qu'il existe un seuil optimal de l'indice foliaire (LAI) pour chaque variété, au-delà duquel la compétition entre parties aériennes limitera la tubérisation (Cock, 1979). L'arrivée de la virose à des niveaux moyens sur un couvert végétal où il existe une telle compétition entre aériens réduira la concurrence pour la lumière et modifiera le rapport aériens/racines au profit du compartiment racines. C'est ce que note G. Cours (1951) sur un sol riche avec un fort développement foliaire sur lequel il enregistre des gains de l'ordre de 20 % en passant de plants sains à des plants malades à intensité 2.

CONCLUSION GENERALE

Ces observations sur les effets de la MAM, bien que fragmentaires, montrent que suivant le niveau auquel on s'adresse : partie de la plante, plante-individu, ou peuplement végétal, le raisonnement pour les relier à des baisses de rendement ne doit pas être le même.

La présence du virus dans la bouture ne limite pas en elle-même le potentiel racinaire tubérisable à l'implantation. C'est l'historique du plant contaminé d'où cette bouture est issue qui apparaît le phénomène dominant, par réduction de croissance des tiges qui entraînera une limitation des réserves (eau et quantité de matière sèche). La propagation du matériel végétal virosé sur plusieurs cycles culturaux successifs devrait augmenter progressivement cette médiocrité par effet cumulatif.

La contamination en cours de cycle devient d'autant moins marquante sur la tubérisation en nombre et à l'unité qu'elle est tardive. La réduction de surface foliaire qu'elle induit ne sera pas forcément synonyme de chute de rendement : l'interaction maladie-compétition entre plants est à prendre en compte.

Les possibilités de compensation du manioc masqueront au niveau de la surface les effets sur l'individu et le rôle de la densité de plantation avec laquelle on expérimente devient une condition essentielle. Le rôle des facteurs du milieu qui favorisent la végétation tels que l'azote est à intégrer nécessairement dans l'analyse des pertes de rendement que peut occasionner la MAM. Pour une fertilisation azotée, d'un côté il y a contamination plus rapide des plants, mais de l'autre on enregistre un développement plus grand des aériens au détriment des tubercules (Raffaillac, 1984-b) : dans ce cas, l'éclaircissement de la couverture végétale peut s'avérer bénéfique pour la tubérisation des racines si l'indice foliaire optimum a été dépassé. Tout ceci nécessite de nombreuses expérimentations complémentaires.

Un autre point qu'il serait utile de développer est de raisonner l'effet du virus de la MAM au niveau de la réduction de la surface des feuilles par rapport à l'économie de l'eau du sol qu'elle peut engendrer : la réduction de la surface évaporante dans des situations hydriques limites en début de saison pluvieuse peut s'avérer un atout intéressant pour le jeune plant de manioc.

BIBLIOGRAPHIE

- COCK, J.H., FRANKLIN, D., SANDOVAL, G. & JURI, P. (1979). The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science* 19 (3-4), 271-279.
- COURS, G. (1951). Le manioc à Madagascar. *Mémoire de l'Institut Scientifique de Madagascar, série B III (2)*, 203-400.
- FARGETTE, D. (1985) *Thèse : Epidémiologie de la Mosaïque Africaine du Manioc en Côte d'Ivoire*. USTL, Montpellier, 203p.
- INDIRA, P. & SINHA, S.K. (1970). Studies on the initiation and development of tubers in *Manihot esculenta* CRANTZ. *Indian Journal of Plant Physiology* 13, 24-39.
- RAFFAILLAC, J.-P. (1984-a). Comportement du manioc pour différentes densités de plantation. *Documents ORSTOM*, Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, Abidjan, 15p.
- RAFFAILLAC, J.-P. (1984-b). Fertilisation du manioc en basse Côte d'Ivoire - Etude de cas. *Communication au séminaire IMPHOS sur la production agricole et le maintien de la fertilité des sols en zone tropicale*. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, IMPHOS, éd., 12p.
- VAN HANJA, N. (1984). Rapport de stage d'Ingénieur d'Agronomie Tropicale de l'Université de Wageningen, Laboratoire d'Agronomie du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, 64p.