

LE TRAVAIL DU SOL SOUS CULTURE DE MANIOC
EN BASSE CÔTE D'IVOIRE

DEUXIEME PARTIE : LA PLANTE

par

J.P. RAFFAILLAC, B. GOUE et G. NEDELEC

(Laboratoire d'Agronomie, Centre ORSTOM, Adiopodoumé, BP. V.51, ABIDJAN, Côte d'Ivoire)

L'augmentation de la production d'une parcelle de manioc doit nécessairement passer par des innovations dans les techniques culturales qui lui sont traditionnellement appliquées en milieu paysan. La préparation du sol en profondeur peut être un des moyens d'améliorer l'offre du milieu pour la plante. Elle favorisera l'installation des racines dans le profil travaillé grâce aux modifications physiques (structure, aération, eau disponible) et chimiques (répartition des éléments minéraux). Il convient en effet d'assurer, dès la plantation, des conditions optimales pour le système racinaire car il est lié directement au rendement : c'est une partie des racines qui se spécialisera pour stocker les produits de la photosynthèse, dès les premières semaines qui suivent la mise en place de la bouture.

En Côte d'Ivoire, où la quasi-totalité de la production de manioc est obtenue en milieu traditionnel, la culture se fait sur une parcelle nettoyée de ses mauvaises herbes par fauche et éventuellement brûlis. L'implantation est alors réalisée manuellement après ameublissement très localisé à la houe, ou plus fréquemment par constitution de billons ou buttes qui concentrent les éléments nutritifs de la matière organique dans un volume de sol peu compact. Ce système présente l'inconvénient majeur sur sol sableux d'être sensible à l'érosion et à la sécheresse.

Les travaux portant sur la préparation du sol pour la culture du manioc sont peu nombreux. POUZET (1982) observe en Côte d'Ivoire un meilleur contrôle de l'enherbement grâce au labour dans un essai suivi sur les 4 premiers mois du cycle. Les répercussions

O.R.S.T.O.M. Fichus Documentaire

(VII) - 110

N° : 24411 ex 1

Cpte : B

25 JAN. 1988

d'un travail profond du sol sur le rendement ne vont pas dans le même sens selon les auteurs : LAL et al. (1979) observent un effet positif du labour sur le rendement ; l'IITA (1984) rend compte également d'un gain de production observé au Zaïre, de même que TORO et ATLEE (1980) au Brésil. Par contre, OFORI (1973), OKIGBO (1979), SEIXAS (1979) et MAURYA et al. (1979) n'enregistrent aucun gain de production en cas de travail profond. Pour le dernier auteur, le manioc réagit cependant par un accroissement de 5 à 10 % des parties aériennes dans le cas d'un labour.

Cette note tente de situer les effets d'une préparation plus ou moins intense d'un sol sableux en Basse Côte d'Ivoire sur l'élaboration de la production en analysant l'évolution des plants au cours du cycle et à la récolte, tout en portant une attention particulière sur l'eau du sol (cf. première partie).

MATERIEL ET METHODES

L'essai met en comparaison 3 types de préparations du sol sur une jachère ancienne (aucun travail du sol depuis 1962) à base de graminées fourragères, dont la végétation a été rotobroyée 4 fois dans les 8 mois précédant la mise en place. Les traitements retenus sont :

T₀ : travail minimum - seul un ameublissement localisé, pour enfoncer la bouture au 2/3 dans le sol à l'oblique, est réalisé à la houe.

T₁ : passage d'un rotavator sur 15 centimètres environ.

T₂ : passage d'un rotavator suivi d'un labour profond d'environ 35 centimètres (charrue à socs).

Les traitements sont répétés 5 fois et répartis complètement au hasard sur 1/2 hectare. Les parcelles élémentaires comprennent 168 plants - dont 96 plants utiles - espacés de 1,3 x 1,0 mètre, soit une densité de 7692 plants à l'hectare. Chaque parcelle reçoit une même fertilisation : azote : 50 unités (urée) à l'implantation et potasse : 200 unités (KCl) à 3 mois.

L'essai est installé en début de grande saison des pluies (6 avril 1984) et conduit sur 13 mois. Le désherbage est manuel et réalisé selon les besoins.

La variété retenue est le CB ; les boutures, constituées à partir de bois exempt du virus de la Mosaïque Africaine du Manioc, ont une longueur moyenne de 22 centimètres, portent 9,8 noeuds et pèsent en moyenne 88 grammes (C.V. 27%) avec un taux de matière sèche de 28,8 %.

Chaque bouture est enfoncée au 2/3 dans le sol à l'oblique.

- Le sol : cf. première partie

- le manioc : en début de cycle, les observations portent sur le nombre de racines issues des noeuds et du cal cicatriciel sur la bouture, et leur orientation dans le profil (profils culturaux). La partie aérienne est contrôlée chaque mois au niveau du nombre de tiges principales (sur l'ensemble des plants), du diamètre de base et de la hauteur des tiges (24 plants par parcelle - 5 répétitions par traitement) sur les plants en place.

L'émission foliaire est suivie chaque semaine par repérage à l'aide de bagues de couleurs différentes de la plus jeune feuille aux lobes complètement étalés. Sur cette feuille, on relève la semaine suivante la longueur du lobe médian et l'intensité de la virose (notes de 0 : aucun symptôme à 5, intensité maximale des symptômes). Cette feuille a alors atteint sa taille maximale. Le relevé plus tard de ces feuilles baguées tombées sur le sol permet une estimation de leur durée de vie à une semaine près.

A la récolte, l'analyse de la production porte sur le nombre et le poids individuel des tubercules, leur qualité (amidon, matière sèche, densité et tailles), l'architecture du plant (ramifications) et le poids de la bouture et des aériens (24 x 5 plants par traitement). Le reste de la production parcellaire est évalué globalement : nombre de plants, poids frais total. Un profil sur chaque traitement est réalisé pour situer la profondeur des tubercules.

RESULTATS

La préparation du sol a été immédiatement suivie d'une forte précipitation (92 mm le 4 avril) ; la plantation a été réalisée le 6 avril.

Quatre semaines après plantation, un premier désherbage était nécessaire uniquement sur la parcelle "travail minimum" T₀. Le deuxième désherbage est intervenu à six semaines pour tout l'essai, les parcelles T₂ étant les moins enherbées.

- le manioc :

- Système racinaire

Le nombre de racines sorties par bouture ne diffère pas entre les 3 traitements : on relève en moyenne 8,6 racines nodales (1,4 par noeud en contact avec le sol) et 18,4 racines basales à 35 jours. Un profil cultural sur chaque traitement révèle une localisation horizontale superficielle des racines sur T₀ vers 10-15 centimètres. La plupart des racines sur T₁ suivent la discontinuité vers 15-20 centimètres créée par l'outil de travail ; sur T₂, l'enracinement est le plus profond, on le retrouve vers 30 centimètres. A cette date, certaines racines mesurent plus d'un mètre sur chacun des 3 traitements.

- Partie aérienne

- nombre de tiges par plant : à 38 jours, un premier contrôle sur la partie aérienne ne fait pas apparaître de différence dans le nombre de tiges sorties par plant, ni dans le nombre de feuilles émises (tableau 1). Le nombre de tiges principales n'évoluera pas jusqu'à la récolte.

	T ₀	T ₁	T ₂
Nombre de tiges par plant :	2,1	2,3	2,0
différence non significative			

TABEAU 1 : Caractéristiques des parties aériennes au 38ième jour du cycle.

- Les mesures de croissance des parties aériennes au cours du cycle sont présentées dans le tableau 2. Le coefficient de variation moyen est de 14 à 25 % pour la hauteur et 21 à 24 % pour le diamètre.

Age (jours)	diamètre de base et Hauteur	T ₀	T ₁	T ₂
68	∅ moyen d'une tige	15,6 a	16,2 a	17,2 a
	∅ de la plus grosse tige	17,6 a	18,3 a	19,0 a
	Hauteur moyenne d'une tige	91,4 a	99,6 b	103,5 b
	Hauteur de la plus grande tige	94,7 a	103,9 b	106,1 b
126	∅ moyen d'une tige	21,5 a	21,7 a	23,8 b
	Hauteur moyenne d'une tige	173,9 a	192,5 ab	199,6 b
154	∅ moyen d'une tige	22,8 a	23,0 a	24,7 b
	Hauteur moyenne d'une tige	194,2 a	216,1 ab	221,2 b
182	∅ moyen	23,1 a	23,3 a	24,9 b
	Hauteur moyenne	208,9 a	230,0 ab	233,3 b
227	∅ moyen	24,2 a	24,5 a	25,9 a
	Hauteur moyenne	237,7 a	254,8 a	258,0 a
259	∅ moyen	24,8 a	24,9 a	26,5 a
	Hauteur moyenne	251,3 a	269,8 a	270,8 a

a,b : les valeurs suivies d'une lettre différente sur la ligne diffèrent significativement pour $p = 0,05$.

TABLEAU 2 : Diamètre (en mm) et Hauteur (en cm) d'une tige moyenne par plant au cours du cycle.

Malgré cette relative hétérogénéité, on enregistre des différences significatives entre les 5 traitements : le travail minimum T₀ ne permet pas une croissance des aériens analogue à celles des traitements T₁ et T₂ qui lui sont supérieures.

A 68 jours, l'analyse de croissance du plant faite en prenant uniquement la tige la plus développée de chacun montre les mêmes tendances entre traitements que celle faite en retenant toutes les tiges présentes par plant (tableau 2).

FIGURE 1 Emission foliaire et défoliation par apex au cours du temps.

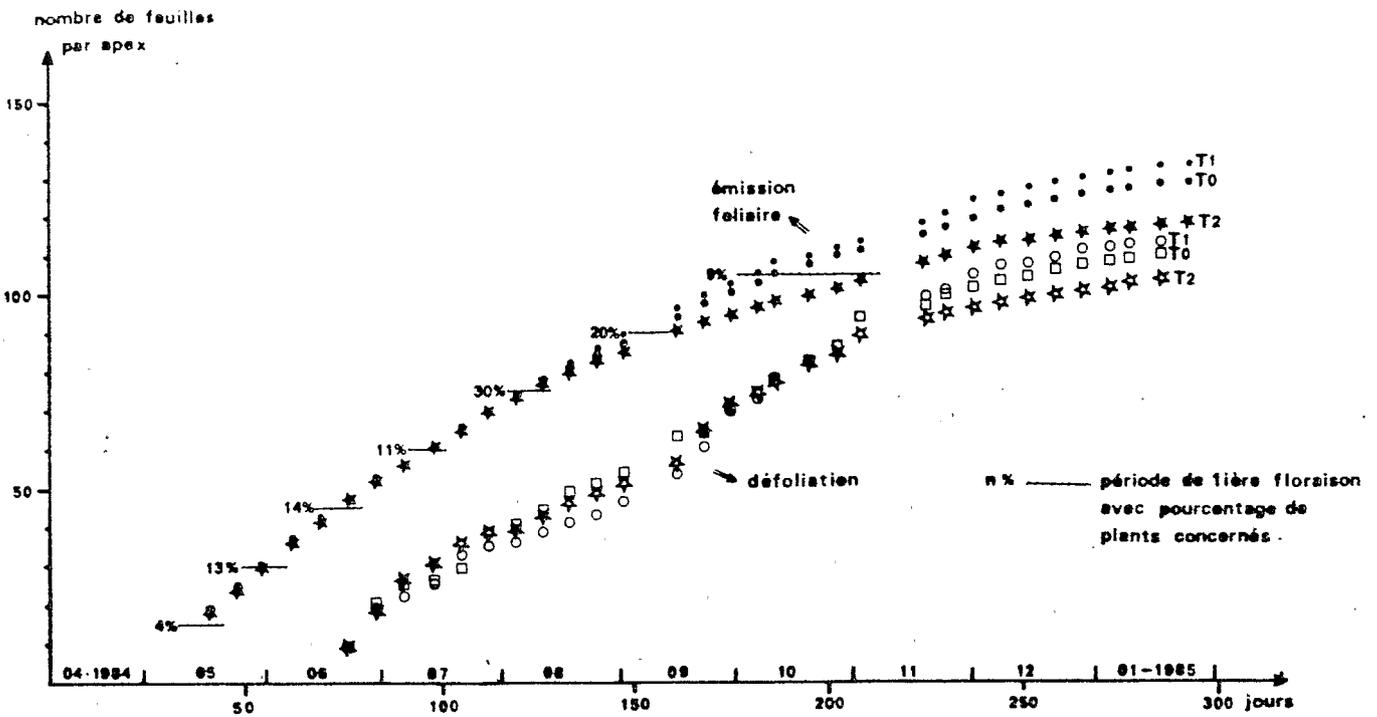
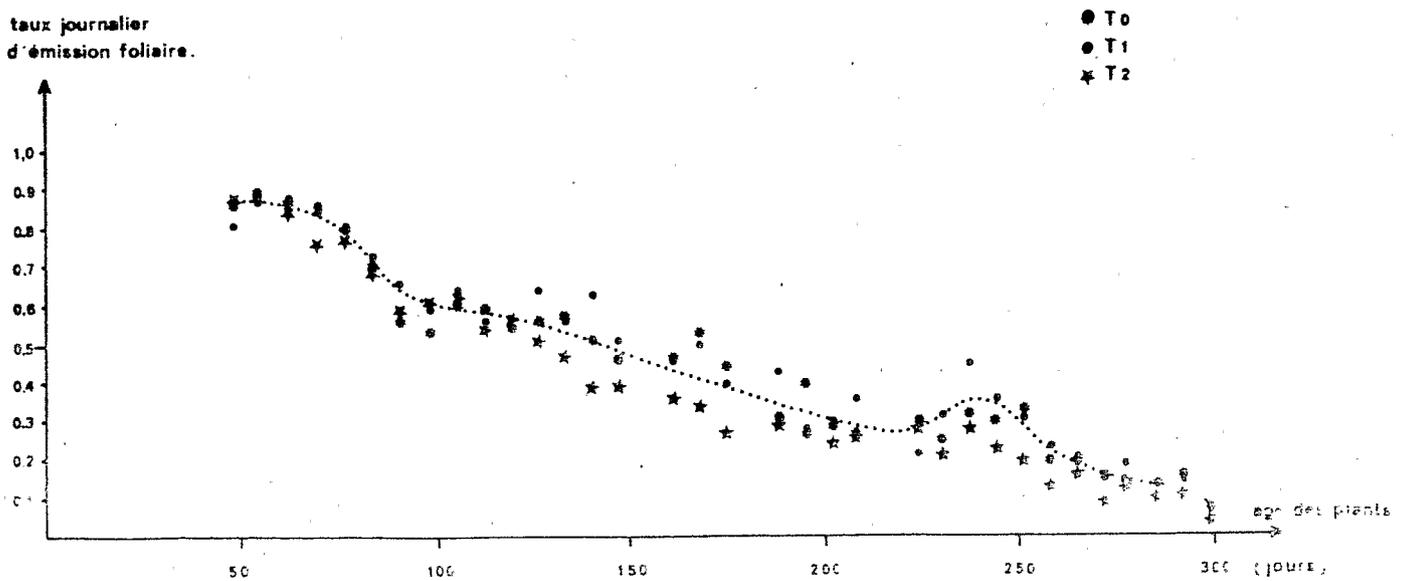


FIGURE 1b: Vitesse d'émission foliaire journalière au cours du temps.



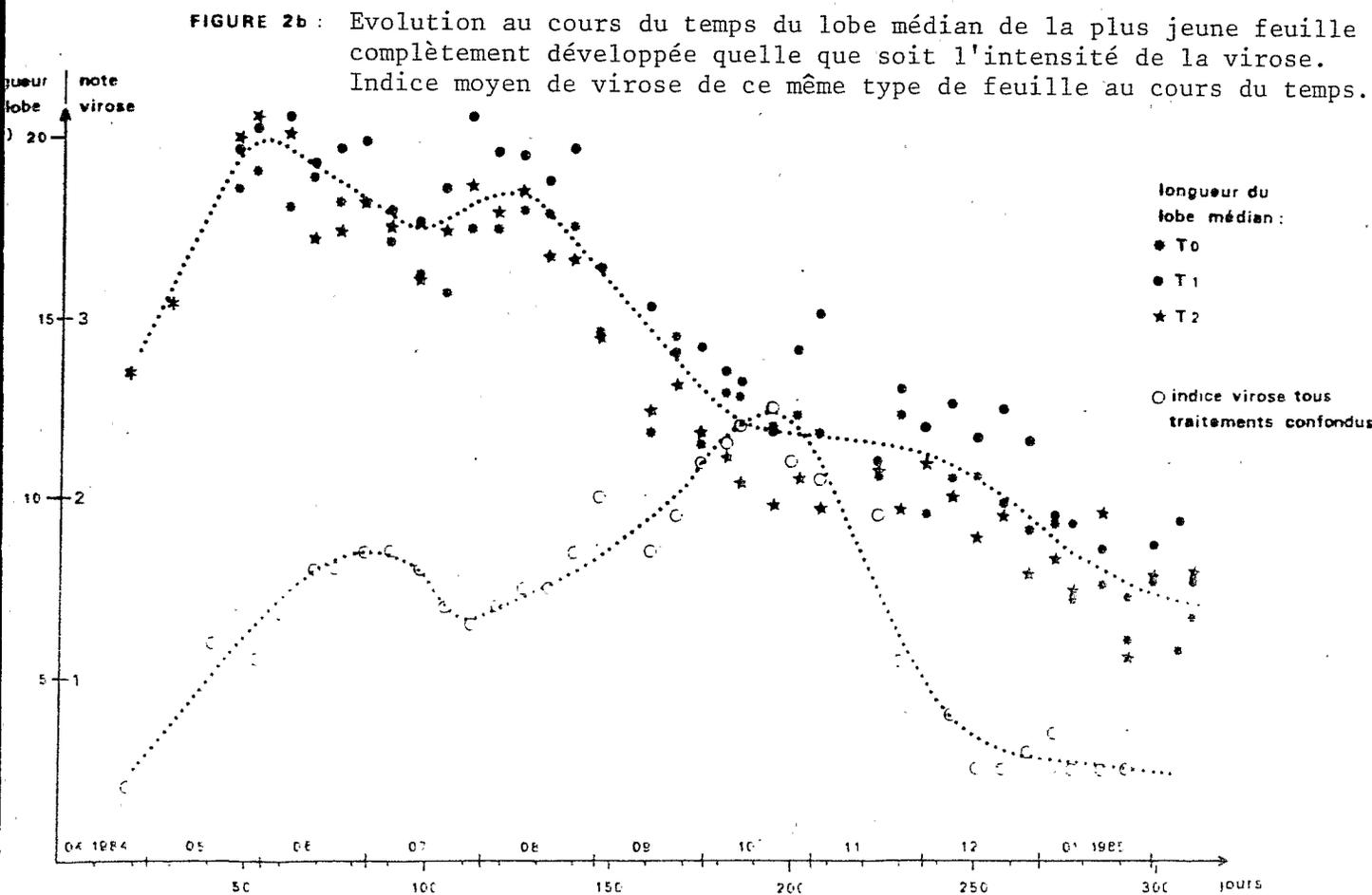
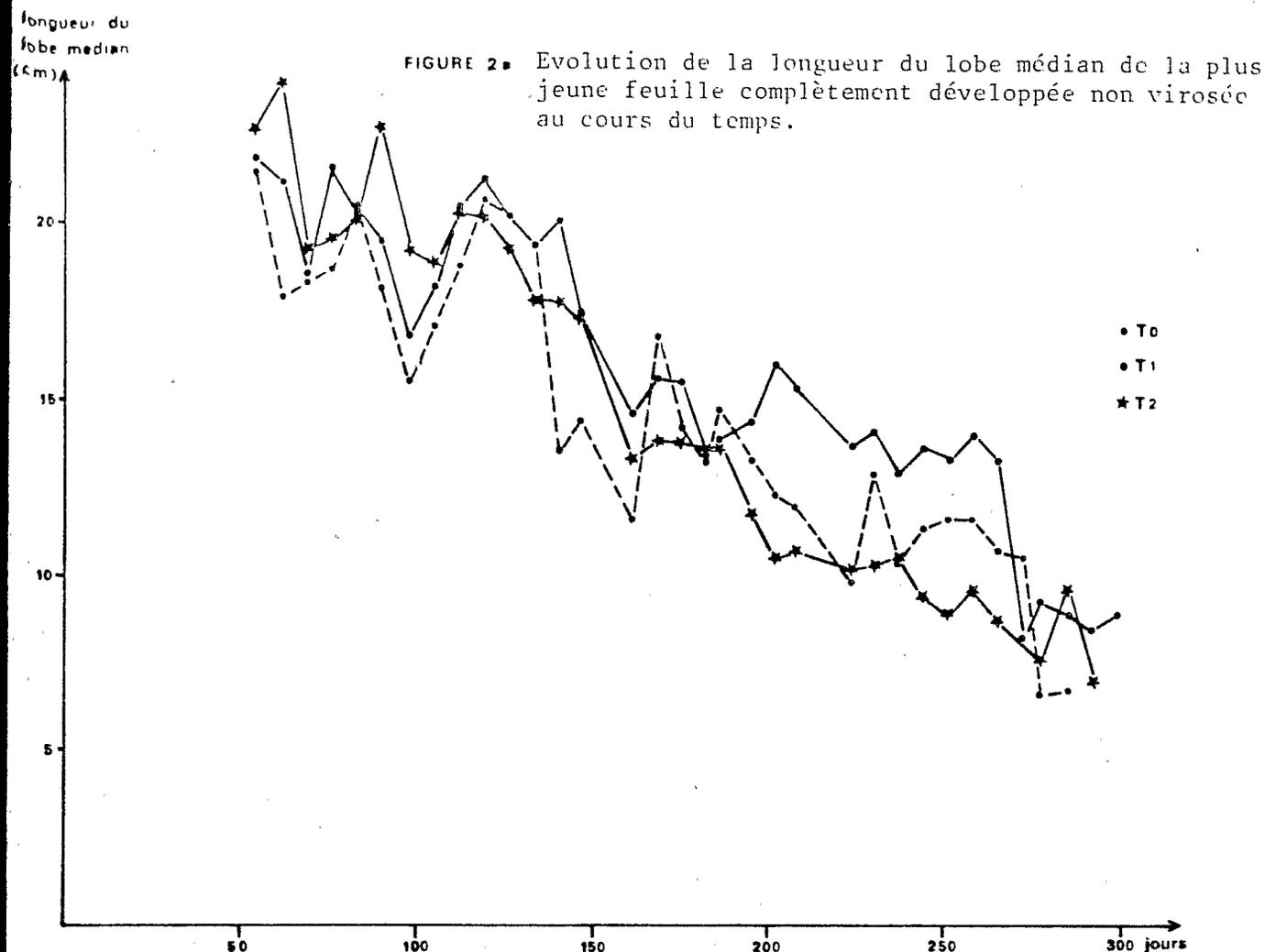
- Émission et chute des feuilles. L'émission de nouvelles feuilles par apex au cours du temps est présentée dans la figure 1. Elle est la même pour les 3 traitements jusque vers le 120^{ième} jour du cycle : à cette époque, sur le traitement T₂, travail profond du sol, l'apparition des feuilles sur la tige est ralentie.

La chute des premières feuilles les plus basses, enregistrée vers deux mois, présente les mêmes tendances pour les 3 traitements : un premier maximum (pente de la courbe plus forte) fin juin et début juillet, et un deuxième, plus net, à partir du 160^{ième} jour du cycle, vers la mi-septembre. Entre le 110^{ième} et le 160^{ième} jour, la durée de vie moyenne de la feuille, représenté sur la figure 1 par l'écart entre la courbe d'émission et la courbe de chute, apparaît plus élevée pour T₁ : la feuille (d'ordre 52), repérée le 83^{ième} jour du cycle, est estimée tomber au bout de 62 jours pour T₀, 67 jours pour T₂ et 73 jours pour T₁.

La figure 2 représente l'évolution de la longueur du lobe médian, relevé chaque semaine, de la plus jeune feuille complètement développée. On a distingué les feuilles exemptes de symptômes de mosaïque (figure 2 a) et regrouper l'ensemble des feuilles quelle que soit l'intensité de la virose (figure 2 b). Cette longueur L du lobe est représentative de la surface S de la feuille : $S = a L^b$, avec un coefficient de corrélation voisin de + 0,98. La note moyenne d'intensité de la virose de ce même type de feuilles est également indiquée pour l'ensemble des traitements T₀, T₁ et T₂.

On relève une diminution dans le temps de la taille des nouvelles feuilles émises, tous traitements confondus, avec cependant un accroissement passager pendant la petite saison sèche au mois d'août, à rapprocher de la baisse d'intensité des symptômes de virose (figure 2 b). La diminution de la surface de la feuille est la plus forte à la fin de la petite saison sèche début septembre avec en parallèle un accroissement de la sévérité des symptômes de virose, cette maladie atteignant son maximum au milieu de la deuxième saison des pluies en octobre. La comparaison des 3 traitements met en évidence au cours du suivi la supériorité quasi générale de la longueur du lobe médian de T₁ sur T₂, le plus faible.

Des observations, non quantifiées, complémentaires à ces suivis, ont montré une attaque de bactériose au cours des 2 saisons



des pluies, dont l'effet a été d'accélérer la défoliation. Tous les plants ne représentaient pas la même sévérité d'attaque bactérienne (*Xanthomonas manihotis*). Un autre problème phytosanitaire a été l'apparition en saison sèche dès le mois de décembre d'attaques importantes, au niveau des apex, de la cochenille farineuse (*Phenacoccus manihotis*) qui a empêché la poursuite du suivi foliaire du fait du rabougrissement et de l'imbrication des nouvelles feuilles émises au niveau de chaque apex.

- la récolte

Le tableau 3 présente les caractéristiques moyennes d'une tige par plant à la récolte, effectuée à 13 mois.

	T ₀	T ₁	T ₂
Poids frais moyen (g)	3850	4270	4380
Nombre de floraison	4,9	4,9	4,8
Nombre total d'apex	26,3	25,1	28,8
% de tiges avec ramifications secondaires	37 %	47 %	41 %
Nbre de ramification par tige (ramifiée)	3,0	3,2	3,1
Nombre de feuilles par apex	5,3	4,8	5,5
Stade final (nbre de cicatrices foliaires + nbre de feuilles)	143,9	140,7	140,6
Hauteur totale (cm)	289,3	290,4	295,6
Poids frais bouture (g)	391	430	424
Observations portant sur (pas de diff.significative)	95 tiges	95 tiges	102 tiges

TABLEAU 3 : Caractéristique moyenne d'une tige à la récolte.

L'examen à la récolte de la tige permet de situer à quel stade foliaire les floraisons ont entraîné une ramification di ou trichotomique. Il n'existe pas de différence entre les traitements ; l'époque de la première floraison est reportée sur la figure 1. Elle s'étale sur une période allant de 50 jours à 180 jours, avec un maximum des tiges étudiées (30%) vers 120 jours. Le nombre moyen de floraisons par tige au cours du cycle est proche de 5 (tableau 3), sans différence entre traitements. Le nombre minimal

de floraisons relevé sur les 271 tiges observées est de 3, et le nombre maximal de 8. L'analyse de variance ne fait ressortir aucun effet significatif des traitements sur chacun des critères relevés sur une tige moyenne par plant à la récolte.

Le rendement en tubercules et les principales caractéristiques sont indiqués dans le tableau 4.

	T ₀	T ₁	T ₂	mesures sur :
Poids frais total (g)	4238	4533	4232	*
% refus (poids < 200 g)	4,8 %	3,9 %	6,2 %	24 plants x 5
Nombre de tubercules	7,6	8,0	7,8	24 plants x 5
Longueur moyenne 1 tubercule	26,9	27,1	26,5	24 plants x 5
% matière sèche à 105°C	31,8 %	32,8 %	32,2 %	8 tubercules x 5
Densité (g/cm ³)	1,1033	1,1033	1,1014	8 tubercules x 5
% Amidon (sur matière sèche)	73,5 %	73,3 %	72,6 %	8 tubercules x 5

* estimation regroupant les 5 x 24 plants étudiés individuellement et le reste des parcelles.

(pas de différence significative entre traitement)

TABLEAU 4 : Caractéristiques de la production en tubercules d'un plant à la récolte.

Le travail du sol sur 15 ou 35 centimètres ne favorise pas la tubérisation des racines et ne modifie pas les caractéristiques mesurées sur les tubercules. L'index de récolte IR, rapport entre production de racines tubérisées et production totale du plant (aériens + bouture + tubercules) a été estimé individuellement sur les plants en les distinguant par le nombre de tiges (tableau 5). Les valeurs sont calculées à partir de la matière sèche à 105°C en prenant comme valeur moyenne un taux de 32 % pour les tubercules, 28 % pour les tiges et 36 % pour la bouture. La production moyenne en tubercules exprimées en gramme de matière sèche est indiquée également dans le tableau 5 pour chaque catégorie de plants. Si l'on prend l'ensemble des plants, quel que soit le nombre de tiges, cet index de récolte est de 0,59, 0,57 et 0,52 respectivement pour T₀, T₁ et T₂. L'analyse de variance fait ressortir une différence significative : T₀ = T₁ > T₂.

	T ₀		T ₁		T ₂	
	Poids sec	IR	Poids sec	IR	Poids sec	IR
Plant à 1 tige	1128 (25)	0,57	936 (25)	0,56	952 (43)	0,52
Plants à 2 tiges	1453 (31)	0,59	1604 (40)	0,58	1290 (36)	0,52
Plants à 3 tiges	2003 (16)	0,58	1764 (25)	0,57	1511 (18)	0,53
Plants à 4 tiges	1567 (5)	0,56	1667 (9)	0,56	1801 (9)	0,53

(n) = nombre d'observations sur les 5 répétitions par traitement.

TABLEAU 5 : Index de récolte et rendement par catégories de plants.

La production individuelle du plant augmente dans les 3 traitements avec le nombre de tiges. Les coefficients de variation sont élevés : 31 % à 65 %, avec une moyenne proche de 50 % pour l'ensemble des traitements.

- Profils culturaux à la récolte : La localisation des racines tubérisées est conforme avec les observations faites en début de cycle sur l'enracinement : les racines tubérisées se situent plus en surface sur le traitement T₀, les tubercules sous traitement T₂ s'enfoncent plus profondément. C'est seulement l'angle d'entrée des racines dans le profil du sol qui différencie les traitements, la longueur moyenne du tubercule étant la même (tableau 4). On retrouve dans les trois traitements quelques rares racines principales de 2 à 5 millimètres de diamètre à plus de 1 mètre de profondeur. Ces racines ont la plupart du temps cheminé horizontalement au niveau de la discontinuité due au travail du sol et se sont ensuite enfoncées verticalement. Dans les zones d'accumulation de la matière organique créées par le labour, on observe fréquemment un foisonnement de racines secondaires.

PREMIERES CONCLUSIONS SUR LE MANIOC

L'ameublissement créé par un travail du sol sur 15 ou 35 centimètres de profondeur modifie la répartition des racines dans le profil : un non-travail induit la concentration des axes racinaires principaux dans les premiers centimètres alors que le passage d'un rotovator ou d'une charrue favorise la pénétration en profondeur. Cette observation faite au 35ième jour est valable à la récolte pour la localisation des racines tubérisées. Ces différences dans l'enracinement se répercutent sur la force nécessaire à l'arrachage des tubercules : bien que n'ayant pas fait l'objet de mesures quantitatives, la force de traction pour extraire les tubercules du sol était supérieure dans le cas de T₂ par rapport au non-travail T₀.

Au cours du cycle cultural, si les effets du travail du sol ne se font pas sentir à la mise en place de l'architecture générale du plant moyen : nombre de tiges, dates et fréquences des floraisons, qualité du feuillage, il existe un gain de matière sèche significatif au niveau de la partie aérienne en cours de cycle, qui ne se trouve pas valorisé au niveau des tubercules à la récolte. Un travail du sol en profondeur dans les conditions de notre essai n'améliore pas le rendement du manioc, seules en bénéficient les parties aériennes, ce qu'indiquent les index de récolte plus favorable pour T₀.

Finalement, le seul effet bénéfique appréciable d'un travail profond du sol avant plantation se trouve au niveau du contrôle de l'enherbement qui a nécessité deux interventions sur le traitement T₀ par rapport aux deux autres, l'importance des mauvaises herbes ayant de plus été observée comme bien supérieure sur ce même traitement T₀ lors du deuxième désherbage.

On peut également voir dans l'augmentation du diamètre de base des tiges principales, un avantage pour le matériel végétal que l'on constituera pour une nouvelle plantation : les boutures issues des tiges du traitement T₂ auront plus de réserves par unité de longueur et seront donc plus aptes à résister à des conditions climatiques adverses telle que la sécheresse lors des premières semaines qui suivront leur implantation.

De tous les travaux consultés sur le travail du sol sous manioc, seuls ceux de MAURYA et al. (1979) sont en accord avec ceux obtenus dans les conditions de notre essai.

Les explications à cette non-réponse du manioc à un travail profond du sol dans cet essai peuvent se rechercher à plusieurs niveaux :

- si l'on examine l'évolution des stocks en eau du sol et en faisant abstraction des réserves sur la représentativité du site sur lequel les mesures ont été faites pour T₂ (cf. première partie), il apparaît une baisse de la quantité d'eau pour ce traitement et un stress hydrique pourrait être un élément d'explication,

- le développement des racines sur les 3 traitements n'a pas été freiné au cours des premiers mois, mais seulement modifié dans l'orientation, ceci au cours d'une période où l'humidité du sol était suffisante et ne constituait pas un obstacle. Une meilleure prospection du profil en début de cycle par les racines sur le traitement T₂ a permis une meilleure nutrition et un gain de matière sèche dont seules les parties aériennes ont profité avant le début de tubérisation que l'on situe habituellement vers 2 mois : à cette date correspondant à la pleine saison des pluies, où le rayonnement global est le plus faible, la partie aérienne mieux développée en T₂ n'a pas en retour favorisé la tubérisation.

Au vue des résultats de cet essai, il apparaît ainsi qu'une relation simpliste, une technique → un rendement, sans prendre en ligne de compte l'ensemble des interactions entre le climat, le sol et la plante demeure insuffisante ; il semble nécessaire de compléter l'expérimentation en analysant le comportement du manioc au cours de cycles culturels calés de façon très diverse sur le cycle climatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- I.I.T.A., 1984.- Root and tuber improvement program.
in : Annual Report for 1983, IBADAN, NIGERIA, 107-138.
- LAL, R., DINKINS, E.L., 1979.- Tillage systems and crop production on an ultisol in Liberia. IITA, IBADAN, NIGERIA, proceedings series n° 2, 221.
- MAURYA, P.R., LAL, R., 1979.- No-tillage systems for crop production on a ultisol in eastern Nigeria. IITA, IBADAN, NIGERIA, proceedings series n° 2, 207.
- OFORI, C.S., 1973.- The effect of ploughing and fertilizer application on yield of cassava. Ghana Jl. Agric. Sci., 6, 21-24.
- OKIGBO, B.N., 1979.- Effects of preplanting cultivations and mulching on the yield and performance of cassava. IITA, IBADAN, NIGERIA, proceedings series n° 2, 75.
- POUZET, D., 1982.- *in* Rapport semestriel d'exécution technique n° 6, recherche d'accompagnement manioc, doc. IDESSA-SODEPALM, BOUAKE, COTE D'IVOIRE.
- SEIXAS, B.L.S., 1979.- Effect of the depth of plowing on cassava root yield. *in* Abstract on cassava, 9, 1, 1983, summury n° 35, 18.
- TORO, J.C., ATLEE, C.R., 1980.- Agronomic practices for cassava production : a litterature review. *in* : IDRC - Proceedings of a workshop held in Salvador, Brazil, Cassava cultural practices, 13-28.