

**SEMINAIRE SUR LES FACTEURS ET LES CONDITIONS DU MAINTIEN DE LA FERTILITE
DU MILIEU TROPICAL HUMIDE**

**EVOLUTION QUANTITATIVE DE LA MATIERE ORGANIQUE DE SOLS
SABLEUX SOUS SYSTEME DE CULTURES A BASE MANIOC
DANS LE SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE
EN FONCTION DU MODE DE MISE EN CULTURE
ET DE L'HISTOIRE CULTURALE**

par

GODO Gnagnou
Laboratoire d'Agronomie
Centre ORSTOM d'Adiopodoumé
B.P. V51 ABIDJAN, Côte d'Ivoire

9-16 mars 1987

Pointe Noire et Mayombe, République Populaire du Congo

RESUME

Un essai de longue durée mis en place à la Station Expérimentale du Centre ORSTOM d'Adiopodoume a pour objectif d'étudier sur un cycle de 4 ans, l'évolution des différents paramètres de la fertilité des sols sous systèmes de cultures à base manioc en fonction du mode de mise en culture et de l'histoire culturale des parcelles.

Sur parcelles issues de défriches de forêt secondaire, le taux de matière organique diminue fortement en première année, augmente ou se stabilise puis décroît en dernière année. Toutefois sur parcelle à exploitation de type traditionnel ou paysannal, la diminution du taux de matière organique est moins accentuée que sur parcelle à travail du sol motorisé.

Sur parcelle à travail du sol motorisé mais issue de jachère de *Panicum* et ayant supporté plusieurs cycles culturaux auparavant, le taux de matière organique, moins élevé au départ, reste pratiquement stable pendant les trois premières années puis baisse fortement au cours de la quatrième année.

INTRODUCTION

Si la fertilité d'un sol désigne l'ensemble de ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, il ne fait pas de doute que la matière organique y joue un rôle prépondérant. En effet, la matière organique améliore la structure du sol, ce qui favorise l'aération, l'infiltration et la capacité de rétention de l'eau. Ces conditions édaphiques sont favorables à la vie de la plante. Sur le plan chimique, l'humus contribue à la capacité d'échange du complexe absorbant, permettant ainsi de retenir dans le sol les éléments nutritifs provenant soit de l'altération *in situ* soit des apports d'engrais. La matière organique elle-même est source d'azote, de soufre et favorise la vie microbienne du sol.

Vue sous cet angle, la matière organique est un facteur essentiel de la fertilité en milieu tropical humide où les sols sont souvent caractérisés par une faible capacité d'échange, un taux de saturation bas et une structure peu stable.

L'importance prise par la nutrition minérale des plantes aussi bien en recherche qu'en agriculture a quelque peu occulté le rôle de la matière organique dans la fertilité des sols. Cette importance a eu une influence nefaste sur la pratique agricole moderne dans la plupart des pays tropicaux où l'on fonde trop d'espoirs (souvent déçus) sur les engrais minéraux.

En ce qui concerne la Côte d'Ivoire, la mise en place d'exploitations agricoles modernes implique le défrichement motorisé de grandes surfaces où la couche superficielle humifère du sol est systématiquement emportée. Les conséquences de cette pratique sont l'érosion (ROOSE, 1983) et surtout la baisse à plus ou moins court terme, des rendements des cultures et ce, malgré l'utilisation forcée des engrais minéraux. Les cas d'abandon sont fréquents surtout lorsque les surfaces sont occupées par des cultures annuelles. Cependant, des essais récents conduits en milieu tropical humide, montrent que la plupart des cultures et les cultures vivrières en particulier, répondent favorablement à la matière organique soit sous forme de résidus de récolte (MOUKAM et TCHATO, 1987) soit sous forme de fumier (SAINT AMAND, 1985) en améliorant la fertilité du sol.

En milieu paysannal où l'agriculture itinérante est de mise, l'igname n'est cultivée que sur défriche de forêt ou sur défriche de vieille jachère, c'est-à-dire, au moment où le stock organique du sol et la fertilité chimique sont à leur niveau optimum. Dans ce milieu, la culture d'igname est souvent indicatrice de la bonne fertilité du sol cultivé (GODO et YORO, 1985). On sait toutefois que les paysans ne valorisent pas les résidus de récolte parce qu'ils "salissent" le champ et doivent par conséquent être soit brûlés soit exportés pour faire place à la culture suivante. C'est peut-être la l'une des causes de la rapide baisse de rendements.

Il découle de toutes ces observations qu'en milieu tropical humide, l'approche de la fertilité des sols doit être à la fois chimique, physique et biodynamique (PAULI, 1967) où le rôle de la matière organique est mise en évidence. A un moment où le maintien de la fertilité des sols, condition nécessaire à l'intensification des cultures, devient une préoccupation majeure en milieu tropical, il est important de suivre le comportement quantitatif et qualitatif du stock organique dans l'étude de l'évolution des sols cultivés.

Pluviométrie
en mm

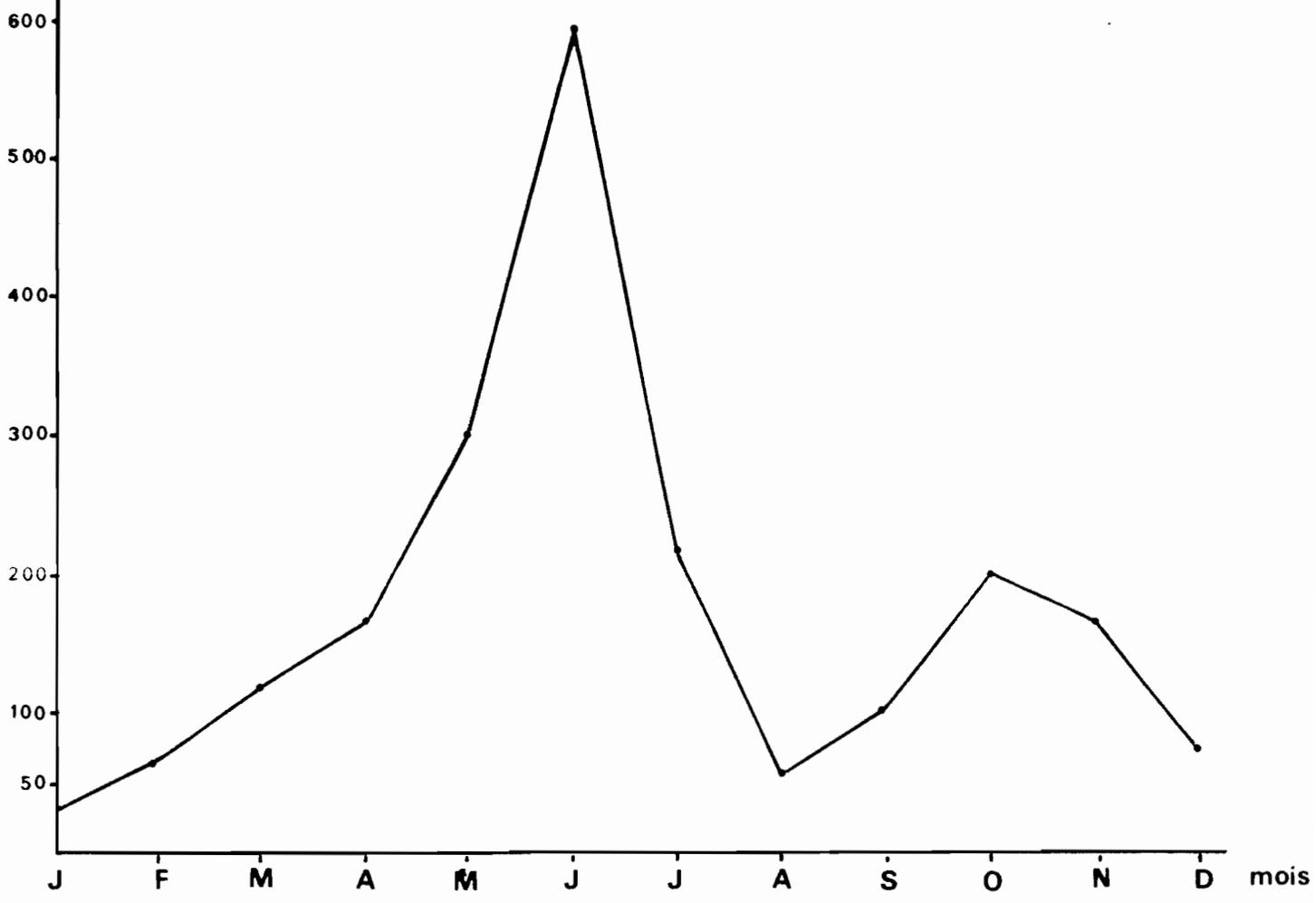


Fig : 1 Pluviométrie moyenne mensuelle
de 1945 à 1980 (ASECNA)

Nous rapportons dans cet article, les résultats partiels d'un essai de 4 ans qui a mis en oeuvre plusieurs rotations culturales à base manioc et où la restitution des résidus de récolte a été une pratique constante.

MATERIEL ET METHODES

1. Le milieu

L'essai a été réalisé à la ferme expérimentale du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé. Les caractéristiques du milieu sont celles du Sud-Est de la Côte d'Ivoire.

1.1. Végétation

La végétation actuelle résulte de la transformation anthropique de la forêt originelle psammo-hygrophile à *Thuranthus africana* et comprend des îlots et des reliques de forêt sur les sommets de certaines interfluves, les versants abrupts le long des cours d'eau ; des plantations (de cocotiers, de palmiers à huile, hévéa, cacaoyer, caféier, ananas et de manioc) et des jachères.

1.2. Climat

Le climat dit littoral de type attien (ROUGERIE, 1960) se caractérise (Figure 1) par deux saisons de pluie (une grande d'avril à juillet et une petite de septembre à novembre) alternant avec deux saisons sèches (de décembre à mars et de juillet à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 2100 mm avec une tendance à la baisse ces dix dernières années.

1.3. Géomorphologie et sols

Le substratum géologique est constitué de sables tertiaires. Le relief, monotone dans son ensemble, peut être considéré comme un vaste plateau (ROOSE et CHEROUX, 1966) comportant un cortège de collines et d'interfluves culminant à 100 m. Selon YORO (1984) on distingue les principaux paysages morphopédologiques suivants :

Tableau 1 : a) Caractéristiques physico-chimiques de la forêt secondaire d'Adiopodoumé.

	Argile	Limons	S _f	S _g	pH eau	da	CEC	Σ B éch.	TS	Ca	Mg	K	Al éch.	C	N	M.O.	P total	P Olsen
	100 %						meq/100g	%	%	meq/100 g				%			%	%
0-10 cm	8.7	6.8	22.8	59.2	5.0	1.37	7.05	4.00	57.65	2.43	1.54	.07	.01	1.6	.11	2.8	.47	.18
10-20	8.6	7.1	26.8	56.1	4.2	1.44	2.87	.43	15.46	.21	.20	.02	.03	.79	.04	1.4	.54	.19
20-30	8.3	7.9	24.8	59.1	4.3	1.48	2.44	.25	11.15	.12	.10	.02	.06	.46	.02	.8	.47	.07
30-40	5.1	7.7	25.2	60.7	4.8	1.37	2.6	.47	18.08	.24	.18	.03	.15	.35	.05	.6	.49	.06
40-50	4.6	6.2	16.0	73.2	4.8	1.46	2.28	.42	18.0	.18	.21	.02	.19	.35	.05	.6	.44	.06

b) Caractéristiques physico-chimiques de la jachère de *Panicum maximum* d'Adiopodoumé.

0-10 cm	7.3	6.0	26.1	58.6	6.6	1.42	4.2	2.10	49.76	1.29	.50	.29	.01	.82	.06	1.4	.79	.29
10-20	6.7	5.7	23.3	62.9	5.5	1.50	2.9	.59	19.82	.27	.18	.13	.01	.55	.05	1.0	.59	.11
20-30	9.4	6.5	22.9	60.1	4.9	1.52	3.14	.38	12.16	.14	.12	.11	.01	.51	.04	.9	.62	.08
30-40	4.4	7.4	24.1	63.7	5.0	1.58	1.87	.46	24.6	.16	.02	.26	.01	.2	.06	.3	.42	.05
40-50	2.4	6.2	19.6	70.3	4.8	1.55	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Σ B éch. = Somme des bases échangeables

Al éch. = Aluminium échangeable

S_f, S_g = Sable fin, Sable grossier

da = Densité apparente

Ts = Taux de saturation

- le paysage de collines à forte pente (> 8 %) siège de sols argilo-sableux. Ce sont des sols ferrallitiques typiques modaux à horizon superficiel sableux très peu épais (0-5 cm) ;

- le paysage de plateaux qui selon la topographie présente des sols sablo-argileux ferrallitiques typiques appauvris sur pente moyenne (> 3 %) à horizon de surface sableux de 15 cm d'épaisseur et des sols sableux sur pente faible (< 3 %). Ce sont des sols ferrallitiques appauvris modaux dont l'horizon de surface sableux atteint 30 à 40 cm d'épaisseur.

Les sols de la station expérimentale d'Adiopodoumé sont des sols ferrallitiques appauvris modaux (Tableau 1).

2. Les sites culturaux. Ils comprennent

2.1. Le site de défriche mécanisée (D.M.)

Il est issu du défrichement d'une forêt secondaire de 40 ans. Le défrichement, le dessouchage et le nettoyage sont manuels. Le sous-solage, le girobroyage et le labour sont motorisés.

2.2. Le site de jachère mécanisée (J.M.)

Il est issu d'une jachère de *Panicum maximum* ayant supporté plusieurs cycles culturaux. Les travaux de nettoyage et de préparation du sol sont motorisés.

Sur ces deux sites, la profondeur du labour est de 30 cm et l'épandage des engrais ainsi que l'enfouissement des résidus de récolte sont motorisés.

2.3. Le site de défriche traditionnelle (D.T.)

Il est aussi issu de la forêt secondaire de 40 ans. Tous les travaux sont manuels y compris l'épandage des engrais. Il n'y a pas de travail du sol et les résidus de récolte ne sont pas enfouis mais laissés à la surface du sol sous forme de mulch.

3. Les cultures

Ce sont des cultures continues de manioc s'étendant sur 4 cycles annuels. Chaque cycle cultural dure 11 mois. Les cycles culturaux sont agencés de la manière suivante :

	1983-84	1984-85	1985-86*	1986-87
A	manioc	manioc	manioc	manioc (non fertilisé)
B	manioc	manioc	manioc	manioc (fertilisé)

* En raison d'une attaque de bactériose l'année précédente le manioc a été remplacé par du *Pueraria* en A et par du maïs/arachide en B.

3.1. Fertilisation

Les doses d'engrais exprimées en kg/ha/an sont apportées dans l'ordre suivant :

Dolomie (500)	N (46)	P_2O_5 (40) à la mise en place	
-	N (40)	-	K_2O (100) à 45 jours
-	N (40)	-	K_2O (100) à 105 jours
<hr/>			
Total Dolomie (500)	N (126)	P_2O_5 (40)	K_2O (200)

3.2. Méthode, densité et matériel de plantation

Les boutures (25 cm de long) de la variété Bonoua (*Manihot esculenta* Crantz) sont enfoncées dans le sol sur 15 cm en position oblique (environ 45° par rapport à la surface du sol). La densité de plantation est de 10.000 boutures à l'hectare (1 m/1 m).

4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental sur chaque site cultural (DT, DM et JM) est le modèle randomisé où chaque traitement (A et B) comprend 5 répétitions. Chaque répétition est matérialisée par une parcelle de 180 m².

5. Contrôles

- Au niveau du sol : à la récolte, on mesure le poids sec des parties aériennes (feuilles, tiges et collets) ainsi que le poids frais et sec des racines. Ces mesures permettent de déterminer les rendements utiles, la biomasse totale produite ainsi que la matière sèche restituée au sol sous forme de résidus de récolte. Des analyses sont également faites pour en déterminer la teneur en éléments minéraux et en carbone

- Au niveau du sol : au début et à la fin de chaque campagne culturale des analyses de sols sont faites pour situer l'état d'évolution des propriétés physiques et chimiques du sol dont le carbone et la matière organique en particulier.

RESULTATS

Le tableau 2 rapporte les teneurs en matière organique du sol sous végétation naturelle (1983) puis en début et fin de chaque cycle cultural. Il rapporte également les quantités de matière sèche et de carbone correspondantes retournées au sol sous forme de résidus de récolte à la fin de chaque cycle cultural. Les résidus de récolte de manioc (tiges + feuilles + collets) restituent au sol en moyenne (1983-84 et 1984-85) 10 à 11 tonnes/ha de matière sèche et 4 à 5 tonnes/ha de carbone. En 1985-86, année où le manioc a été remplacé par le *Pueraria* (rotation A) et par la séquence culturale maïs/arachide (rotation B), les restitutions ont été très inégales en quantité. Le *Pueraria* produit environ 11 tonnes de matière sèche et 5 tonnes de carbone en A tandis que la séquence maïs/arachide n'en produit respectivement que 6 et 3 tonnes environ en B. Le taux initial de matière organique du sol est deux fois plus élevé sous forêt que sous jachère de *Panicum*. L'évolution quantitative du stock organique des sols est mieux illustrée sur la figure 2. A la fin du premier cycle cultural (1983-84) les stocks organiques ont évolué de la manière suivante selon les sites cultureux :

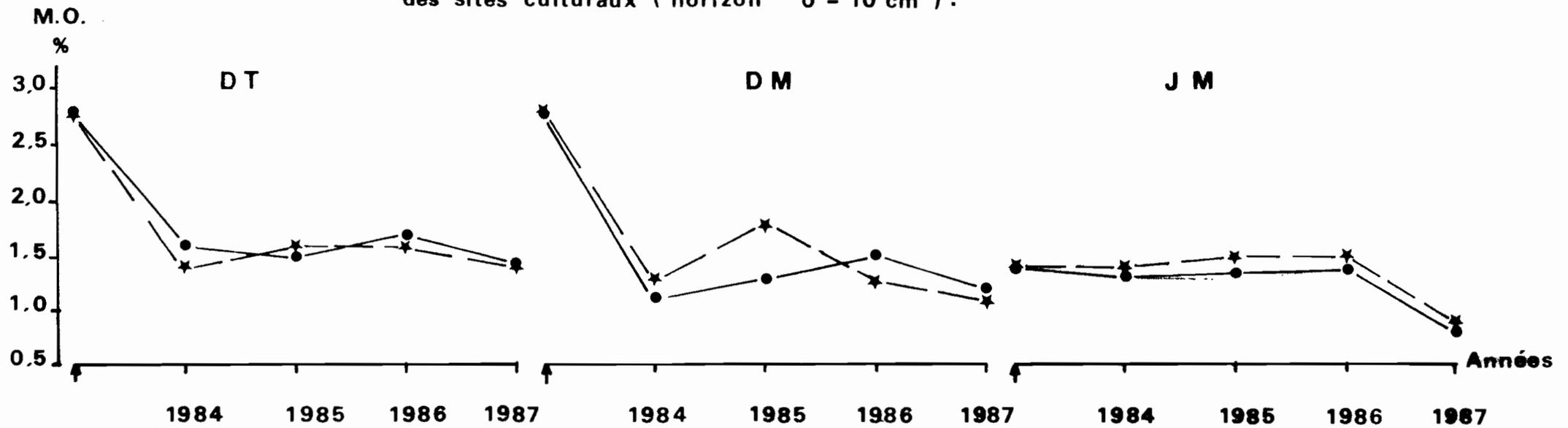
- sur défriche forestière traditionnelle (DT) la matière organique a diminué par rapport au niveau initial de 43 % en A et 50 % en B, soit une baisse moyenne de 47 % ;

Tableau 2 : Influence du site culturel et de la restitution des résidus de récolte sur l'évolution quantitative de la matière organique du sol sous système de cultures à base manioc (horizon 0-10 cm)

SITES CULTURAUX	ROTATIONS	1983	1983 - 84			1984-85			1985-86			1986-87
		Etat initial M.O du sol %	M.O du sol %	M.S. restituée T/ha	C. restitué T/ha	M.O du sol %	M.S. restituée T/ha	C. restitué T/ha	M.O du sol %	M.S. restituée T/ha	C. restitué T/ha	Etat final M.O du sol %
DT	A	2,8	1,8	8,74	3,99	1,5	10,12	4,54	1,7	10,84	4,66	1,4
	B	2,8	1,4	11,22	4,87	1,6	8,4	3,72	1,6	5,58	2,33	1,4
DM	A	2,8	1,1	9,48	4,31	1,3	9,1	4,05	1,5	11,75	5,88	1,2
	B	2,8	1,3	13,1	6,0	1,8	9,41	4,34	1,3	7,22	3,1	1,1
JM	A	1,4	1,3	9,92	4,46	1,3	8,72	3,95	1,4	9,87	4,3	0,8
	B	1,4	1,4	12,17	5,64	1,5	15,21	6,91	1,5	6,45	2,83	0,9

DT Défriche Traditionnelle ; DM Défriche Mécanisée ; JM Jachère Mécanisée ; A : manioc - manioc - Pueraria - manioc ; B : manioc - manioc - Maïs / arach. - manioc

Figure : 2 - Evolution du taux de matière organique du sol sous système de cultures à base manioc en fonction des sites culturaux (horizon 0 - 10 cm).



↑ Taux initial de matière organique du sol sous végétation naturelle .

● — ● Rotation A

★ — ★ Rotation B

- sur défriche forestière mécanisée (DM), la diminution est respectivement de 61 % en A et 54 % en B. La baisse moyenne sur ce site est de 58 %.

La diminution moyenne du stock organique du sol bien que très forte sur les deux sites forestiers, reste de 17 % plus intense sur défriche mécanisée que sur défriche traditionnelle.

Sur le site issu de jachère mécanisée, la baisse du stock organique initial au bout du premier cycle cultural est très faible (7 %) en A et nulle en B.

Ainsi, bien que le stock organique initial du sol soit deux fois plus élevé sous forêt que sous jachère de *Panicum*, la diminution de ce stock est de loin plus prononcée sur DT et DM que sur JM.

L'évolution ultérieure du stock organique du sol sous le jeu de la restitution des résidus de récolte montre en général sur les sites issus de défriches de forêt, une tendance à l'augmentation ou à la stagnation par rapport aux niveaux enregistrés à la fin de la première année culturale. Sur DT cette tendance à l'augmentation s'observe jusqu'à la troisième année. Sur DM, la tendance est maintenue sous la rotation A tandis que sous la rotation B l'augmentation bien que plus prononcée qu'en A (Δ O.M. = +0,5 %), s'arrête à la fin de la deuxième année. Il y a plutôt baisse du stock organique (Δ O.M. = -0,5 %) entre la deuxième et la troisième année.

Sur le site de jachère de *Panicum* la tendance générale est au contraire au maintien du taux initial. Ainsi à la fin de la première année, la diminution est nulle sous la rotation B et seulement de 7 % sous A. L'évolution ultérieure montre une légère augmentation puis un plafonnement à 1,5 % de M.O. à la fin de la troisième année sous B. Sous la rotation A, le taux plafonne à 1,3 % de la première à la deuxième année puis retrouve le niveau de départ (1,4 %) en troisième année.

Entre la troisième et la quatrième année, le taux de matière organique baisse par rapport au taux précédent sur les trois sites culturaux. Sur DT le gradient de diminution est respectivement de 18 % et 13 % sous A et B. Sur DM, les gradients sont de 20 % sous A et 15 % sous B. Sur le site issu de la jachère de *Panicum* (JM) les gradients de diminution de la matière organique au cours de la même période sont respectivement de 43 % et 40 % sous A et B. Ainsi en considérant les gradients moyens de diminution de la matière organique entre la

troisième et la quatrième année les sites se classent dans l'ordre suivant : DT < DM < JM. Et par rapport à la diminution du stock organique à la fin de la première année culturale, les sites se présentent dans l'ordre suivant JM < DT < DM.

Si l'on considère le taux moyen de matière organique maintenu dans le sol (toutes rotations confondues) de la fin de la première année à la fin de la troisième année, on constate que DT a maintenu environ 1,6 % de M.O. tandis que DM et JM en sont à 1,4 %.

DISCUSSION

La très forte baisse du stock organique du sol en première année sur les sites issus de forêt est liée d'une part à la rupture brusque de l'équilibre entre la réserve organique du sol et l'apport annuel de litière par le couvert végétal originel (NYE & GREENLAND, 1960) et d'autre part à la mise en culture qui peut doubler ou tripler le taux de décomposition du carbone organique du sol (SANCHEZ, 1976). Ce phénomène est d'autant plus intense que la texture du sol est sableuse comme c'est le cas à Adiopodoumé. Cette baisse très drastique du stock organique confirme les observations de MOREAU et de ROOSE (1983) selon lesquelles le passage de la forêt à la culture entraîne toujours une péjoration de la plupart des caractéristiques du sol dont la matière organique.

L'effet labour qui s'exprime par l'accélération de la biodegradation de la matière organique du sol expliquerait que sa diminution soit relativement plus intense sur le site forestier mécanisé que sur le site forestier traditionnel. La stabilité de la matière organique du sol sur site issu de jachère de *Panicum* pendant trois années et ce, malgré le labour, pourrait être liée à la qualité de l'humus. En effet on peut supposer que la succession de cycles culturaux alternant avec des phases de mise en jachère ait entraîné un état d'évolution qualitative plus stable de la matière organique. A l'opposé, du fait que la forêt entretienne un pedoclimat plus humide et non perturbé, la matière organique resterait dans un état plus labile favorable à une biodegradation plus rapide dès que le sol est mis en culture.

La baisse du taux de matière organique observée sur les trois sites culturaux entre la troisième et la quatrième année pourrait être

liée à la nature des résidus de récolte. Pendant les deux premières années (1983-84 et 1984-85) les résidus sont constitués de tiges, collets et feuilles de manioc tandis qu'en troisième année ce sont les pailles de *Pueraria* (rotation A) et de maïs/arachide (rotation B) qui ont été restituées. Les résidus de manioc étant plus lignifiés (tiges et collets notamment), ils sont soumis à une biodégradation plus lente qui de ce fait, préserverait la matière organique du sol. C'est ce qui explique qu'il y ait eu augmentation ou plafonnement au cours des trois premières années alors qu'il a eu baisse par la suite.

La plus forte baisse de la matière organique en quatrième année sur site issu de jachère de *Panicum* pourrait être attribuée au "priming effect" évoqué par Campbell (1978) où l'addition de résidus organiques au sol, stimulerait la minéralisation de la matière organique originelle. On peut ainsi supposer que l'addition de résidus plus facilement biodégradables (paille de *Pueraria*, de maïs et d'arachide) ait provoqué une minéralisation plus intense d'un substrat jusqu'alors assez stable.

CONCLUSION

L'étude du comportement de la matière organique en tant que facteur de la fertilité du sol révèle les évolutions suivantes :

Sur sites issus de forêt, on note une forte baisse en première année suivie d'une augmentation ou d'un plafonnement pendant les deux années suivantes sous l'effet de la restitution des résidus de récolte de manioc. A la fin de la quatrième année le taux de matière organique du sol a baissé. Le taux de diminution aussi bien en première année qu'en quatrième année est plus fort sur site mécanisé que sur site traditionnel à cause de l'effet labour.

Sur site issu de jachère de *Panicum*, le taux de matière organique reste stable et au même niveau que le taux originel sous *Panicum* pendant les trois premières années, puis accuse une très forte baisse à la fin de la quatrième année.

Cette évolution de la matière organique est à mettre en relation avec les autres caractéristiques du complexe absorbant (capacité d'échange, taux de saturation, pH...) la structure du sol et les rendements des cultures maïs aussi à prendre en compte dans l'intensification des cultures sur ces sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CAMPBELL, C.A. - 1978. Soil organic matter, nitrogen and fertility, // Soil Organic Matter, Development in Soil Science 8 Schnitzer M. and S.U. Khan (eds). Elsevier, Amsterdam.
- GODO, G. & G. YORO - 1985. Recherche sur le système de cultures à base manioc en milieu paysannal dans le Sud-Est ivoirien (Bonoua-Adiaké). Deuxième phase . résultats d'enquêtes et observations au champ.
Document ORSTOM, multigr., 15 p.
- MOUKAM, A. & E.D. TCHATO - 1987. Utilisation des résidus agricoles (parche de café) en vue de l'amélioration de la fertilité de certains sols ferrallitiques en culture continue. // IBSRAM Proceedings n°4.
- MOREAU, R. - 1983. Evolution des sols sous différents modes de mise en culture, en Côte d'Ivoire forestière et préforestière.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. XX, n° 4: 311-335.
- NYE, P.H. & D.J. GREENLAND - 1960. The soil under shifting cultivation.
Commonwealth Agr. Bur. Tech. Commun. 51 . 41-61. Haperdeen, England.
- PAULI, F.W. - 1967. Soil fertility, a biodynamic approach. Adam Hilger LTD. London, 204p
- ROOSE E. & M. CHEROUX - 1966. Les sols du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. IV, 2.
- ROOSE, E. - 1983. Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique Occidentale.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol XX, n° 4: 327-339.
- ROUGERIE, G. - 1960. Le fonctionnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire.
Mém. I.F.A.N., 58, Dakar.

SAINT AMAND, J. de - 1985. Fertilisation de l'igname sur sol de basse
Côte d'Ivoire.
Document ORSTOM Adiopodoumé, multigr., 102 p

YORO, G - 1984. Caractéristiques morpho-pédologiques des types de
paysages sur sables tertiaires dans la région du Sud-Est
ivoirien (Bonoua).
Document ORSTOM multigr., 18 p.