

3ème PARTIE - Chapitre VII

PRECEDENTS CULTURAUX , FERTILISATION ET PRODUCTIVITE D'UN MAIS POUR QUELQUES TYPES DE SOLS

Résultats de deux années d'expérimentation

C. Castellanet (1), E. de Guiran (1), R. Pilgrim (2), A. Ramdass (3)
S.M. Griffith (3), N Ahmad (3), M. Clairon (4), P. Daly (5),
M. Mahieu (6), J.L. Chotte (7)

(1) MFC-TREDU, (2) CARDI, (3) UWI, (4) INRA, (5) IRAT, (6) SECI, (7) ORSTOM

VII.1. INTRODUCTION

Dans la Deuxième Partie nous avons étudié les modifications des propriétés des sols suite à diverses histoires culturales intégrant des durées variables de jachères ou prairies. Dans tous les cas on observe, mais avec des intensités variables, une augmentation des stocks organiques des sols après jachères et prairies de moyenne à longue durée. Parallèlement on constate, pour les vertisols et sols à caractères ferrallitiques, une augmentation des stocks d'azote, de la stabilité structurale et des capacités d'échange et bases échangeables. Les variations pour les andosols sont faibles, le problème pour ces sols étant celui de l'acidité et du pouvoir de fixation vis-à-vis du phosphore.

Aussi avons-nous essayé de tester, pour ces systèmes à jachères ou prairies, l'effet de ces "précédents" sur la productivité d'une plante-test (Maïs "Eto-Amarillo") en mettant en place un dispositif expérimental multi-local, en milieu paysan, pour les systèmes de culture à jachères, et, en station agronomique, pour les systèmes à prairies artificielles (Digitaria decumbens) et les cultures continues à cycles courts.

Toutefois, comme le souligne SEBILLOTTE (1982), il faut être prudent dans l'analyse de l' "effet précédent" par la simple relation :

Précédent cultural → Rendement du suivant

en distinguant bien "l'effet sur le milieu, de son extériorisation sur le rendement de la culture suivante".

Selon cet auteur, l'effet précédent se définit comme la variation d'état du milieu (caractères physiques, chimiques et biologiques) entre le début et la fin de la culture sous l'influence combinée de la plante, des techniques culturales qui lui sont appliquées, l'ensemble étant soumis à l'action du climat. Il en résulte que la réussite des techniques, le rendement de la culture joueront un rôle direct et que l'on ne peut, à priori, affecter un effet précédent à une espèce végétale. L'effet suivant traduit, lui, la réaction de la culture, avec ses techniques et sous un climat donné, à l'état initial de la parcelle. Cet effet s'exprime en variation du rendement de la culture à ces états initiaux... Le choix de successions de culture devrait donc utiliser deux outils :

- d'une part, un modèle d'évolution du milieu sous l'action du précédent cultural (*),
- d'autre part, un modèle d'élaboration du rendement du suivant".

Dans le cadre de ce travail, l'étude détaillée de l'élaboration du rendement du maïs n'a pas été faite et l'analyse de "l'effet suivant" dans l'ensemble de ses composantes (modification du milieu par les précédents culturaux, effet des itinéraires techniques en interactions avec le climat) sera donc difficile à faire.

Ces précisions et les limitations qui en découlent étant données, nous utiliserons dans la suite de ce texte, par simple commodité de langage, la locution "effet précédent" pour décrire l' "ensemble de l'effet précédent + suivant".

Enfin, et pour les raisons évoquées dans la Première ou la Deuxième Partie, de ce rapport, l'effet de différents traitements a été aussi testé sur la productivité du maïs :

- fertilisation chimique NPK moyenne (100.80.80) pour toutes les situations ;

(*) objet des recherches présentées ici dans la 2ème Partie.

- fumure organique (fumiers) pour certaines (ferrisols, andosol, sol alluvial) ;
- chaulage (calcaire broyé) dans le cas particulier des andosols (cf. ci-dessous).

Dans toute cette Troisième Partie on distinguera pour l'ensemble des situations agropédologiques, les aspects pédoclimatiques (comparaisons des milieux A3, V1 etc.), les précédents (comparaisons JP , DC etc.) et les traitements (NPK, fumier, chaulage).

VII.2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Les situations agropédologiques

Le tableau VII.1 présente l'ensemble du dispositif expérimental. Le détail de la conduite des essais a fait l'objet de rapports intermédiaires de chacun des participants, l'essentiel étant rapporté en Annexe.

A l'exception de la situation F4, toutes les parcelles d'étude d'une même situation sont très proches les unes des autres (climat et sols identiques). Toutefois, pour F4, il n'a pas été possible de trouver dans une même exploitation paysanne les 4 "précédents JP10, JP4, JP2, DC sur un sol strictement semblable. Aussi, le précédent DC appartient-il à une exploitation différente de JP10, JP4, JP2, situé à quelques centaines de mètres de celles-ci, à même altitude et même exposition, identique sur le plan pédologique. Toutefois, selon les années, la pluviométrie peut être sensiblement différente entre ces deux stations (cas de 1986), donnée qu'il faudra prendre en considération.

2.2. Les cultures

La succession culturale annuelle prévue initialement pour l'ensemble des dispositifs (durée 3 à 4 ans) était de type Maïs-Patate douce pour les situations A3, F1, F2, F4, F5 et Maïs-Cultures maraîchères pour V1. Diverses contraintes, souvent climatiques, n'ont pas permis de suivre rigoureusement ce schéma pour l'ensemble du dispositif et seule a pu être conservée une culture annuelle systématique de maïs sur tous les essais, les cultures intercalaires étant choisies en fonction des pratiques et contraintes locales. Au 30.11.87, selon les situations, une ou deux cultures de maïs ont pu être menées.

2.2.1. Le maïs

Le maïs choisi dit "Eto Amarillo" est une population sélectionnée par le CYMITT, adaptée à la variation des conditions climatiques régionales. Il est utilisé depuis de nombreuses années par l'INRA en Guadeloupe ce qui permet de disposer rapidement de semences et de bénéficier de l'expérience de cet Institut, participant à ce projet.

On admet généralement que, pour un cycle de croissance de 120 jours, une pluviométrie de 600 mm est suffisante. Mais, des études (ROBELIN, 1967 ; FOREST, 1986 ; GAY, 1984) ont souligné l'importance des réserves en eau utile du sol dans les processus d'assimilation. Cette phase du développement du maïs est centrée sur la floraison. A ce moment, les besoins en eau sont estimés à 6 mm/jour pendant 40 jours. Alors qu'entre le semis et la floraison 5,2 à 5,5 mm/jour suffisent et qu'en cours de maturation seulement 4 mm/jour sont requis.

Le maïs "Eto Amarillo" est semé à raison de 50.000 pieds/ha. Au cours de sa croissance les différentes dates de semis, de floraison, de floraison + 40 jours et de récolte sont notées, accompagnées de la pluie recueillie à chaque période (tableau VII.2).

2.2.2. Les cultures intercalaires

En conditions favorables, une culture intercalaire, soit de patates douces soit de carottes est mise en place. Les résultats de ces cultures sont données en annexe, ainsi que le calendrier cultural et les paramètres de croissance.

2.3. Les traitements

La liste des traitements retenus par situation et le nombre de répétitions sont présentés au tableau VII.1.

Pour chaque culture la fertilisation chimique est de 80 kg P/ha (Supertriple), 80 kg K/ha (Chlorure de potassium) et 100 kg N/ha (Urée). P et K sont apportés en granulés au semis et N en solution au stade 3-5 feuilles du maïs. L'amendement calcaire (calcaire broyé, 48% CaO) est apporté à la préparation du sol selon une dose équivalente à 3 t/ha.

Les caractéristiques des fumures organiques (20 t matière fraîche/ha/an) sont présentées dans le tableau VII.3. Les fumiers (déjections de bovins) sont enfouis par labour à la préparation du sol avant chaque culture de maïs.

VII.3. RESULTATS

3.1. Premières cultures de maïs, année 1986 (Situations A3, F1, F2, F4, V1)

Les résultats concernent les situations A3, F1, F2, F4, V1, les essais des situations F5 et PEA4 n'ayant été mis en place qu'en 1987.

L'analyse des résultats pour 1986 indique une liaison forte entre "Rendement en matière sèche totale des parties aériennes (PA)" et "Rendement en matière sèche des grains" le rapport grains/PA étant égale à $0,40 \pm 0,05$. La discussion des résultats de productivité peut donc porter indifféremment sur l'une ou l'autre de ces données.

3.1.1. Variations selon les situations pédoclimatiques

L'examen de la figure 7.1 établie à partir des données du tableau VII.4 indique une variabilité assez grande des rendements selon les situations pédoclimatiques. En particulier, les rendements en grains sont presque nuls (Te, 0 à 2 q/ha) ou faibles (NPK, 7 à 25 q/ha) pour le sol ferrallitique (F4) de Ste Lucie, les rendements des autres stations varient de 14 à 29 q/ha pour Te et de 25 à 60 q/ha pour les autres traitements. Le sens de variation par précédent et traitement étant :

$$F2 = V1 > A3 > F4$$

Les faibles valeurs de F4 ne peuvent s'expliquer ni par un problème phyto-parasitaire (non observé) ni par un déficit hydrique. En effet, les chiffres du tableau VII.2 montrent que, pour toutes les situations, et en particulier pour F4, les seuils critiques pluviométriques totaux et journaliers (600 ; 5,5 ; 6,0 et 4,0mm) pour le maïs sont dépassés. La faible productivité pour F4 est donc liée à un "effet sol", probablement à une carence en N, P ou K comme l'indique la comparaison des traitements Te et NPK. Le problème, d'une part, du fort pouvoir fixateur

Tableau VII.1 - Présentation des situations retenues pour les essais agronomiques et principaux traitements

Situation				Essai							
Sol	Pluviométrie annuelle (mm)	Précédent	Symbole de l'eau	Nbre de répétitions	Parcelle surface utile (m ²)	Traitements appliqués	Successions culturale au 30.11.87				
							1er Maïs	Cult. intercal.	2è Maïs		
Andosol	A3	4500	JP10	A3 JP10	6	5,4	Te/NPK	oui	Carotte, Patate	oui	
			BA	A3 BA	6	5,4	Te/NPK/Fu/ Fu + NPK/Ca/ Ca + NPK	oui		Carotte, Patate	oui
Alluvions Ferrallitisées	F2	3000	PR > 10	F2 PR10	6	12,0	Te/NPK	oui	Patate	oui	
			DC > 10	F2 DC10	6	12,0	Te/NPK	oui		Patate	oui
Vertisol	V1	1300	PR7	V1 PR7	6	12,8	Te/NPK	oui	Melon	en cours	
			DC10	V1 DC10	6	12,8	Te/NPK	oui			
Ferrallitique	F4	2000	JP10	F4 JP10	4	12,0	Te/NPK	oui	Jachère	oui	
			JP4	F4 JP4	4	12,0	Te/NPK	oui		Jachère	oui
			JP2	F4 JP2	4	12,0	Te/NPK	oui		Jachère	oui
			DC10	F4 DC10	4	12,0	Te/NPK	oui		jachère	oui
Ferrisol	F1	2000	DC	F1 DC	6	9,6	Te/NPK/Fu/ Fu + NPK	oui	Patate	oui	
Peu évolué d'Apport Alluvial	PEA	2300	JP4	PEA JP4	5	17,3	Te/NPK/Fu/ Fu + NPK	oui	en cours	non	
Ultisol	F5 (*)		Station 1(*)	(F5 JP10)	6	6,5	M ₀ , M ₁ /P1, P2, P3	oui	en cours	non	
			Station 2(*)	(F5 CS5)	4	6,5	M ₀ , M ₁ /P1, P2, P3	oui		en cours	non
			Station 3(*)	F5 CS7)	6	6,5	M ₀ , M ₁ /P1, P2, P3	oui		en cours	non

(*) Situation très particulière commentée au paragraphe 3.2.2. de ce chapitre

vis-à-vis du phosphore des sols ferrallitiques, de carences en potassium pour cette situation F4, d'autre part, ont déjà été commentés au chapitre II.

3.1.2. Variations selon les "précédents"

L'analyse statistique des rendements en grains (seuil 1%) par situation et par traitement (Te ou NPK) met en évidence, par comparaison avec les précédents DC ou BA, que :

a. les précédents jachère de longue durée (A3 et F4) ont un effet négatif sur le rendement. Cet effet s'accroît avec la durée de la jachère (situation F4, comparaisons JP10, JP4, JP2 et DC (*)) ;

b. les précédents prairies artificielles (V1 et F2) n'ont aucun effet (positif ou négatif) sur le rendement.

3.1.3. Variations selon les traitements

a. Fertilisation NPK (fig. 7.1). Pour toutes les situations et précédents la fertilisation NPK (100-80-80) considérée comme moyenne à faible pour ce maïs permet une augmentation significative et systématique des rendements. L'étude de la carence en N, P ou K mise en évidence ici pour l'ensemble de ces situations, et en particulier pour F4, sera abordée les prochaines années.

b. Fumure organique (fig. 7.2). Sur andosol, l'apport de fumier, associé ou non à une fumure minérale, permet d'obtenir des rendements supérieurs à ceux mesurés sur le traitement Te, ce qui n'est pas observé pour des apports quantitativement équivalents sur ferrisol. La comparaison entre ces deux situations est toutefois difficile car en plus des différences pédoclimatiques, les fumiers utilisés (en 1986) dans les deux îles se sont avérés qualitativement différents (**) après analyse (Tableau VII.3), le "fumier-andosol" étant plus riche en

(*) La comparaison de JP10, JP4, JP2 avec DC est toutefois difficile pour cette année 1986, car, comme l'indiquent les données pluviométriques du tableau VII.2, les situations F4JP ont subi un déficit hydrique, ce qui n'est pas le cas de la situation F4DC. Ceci expliquerait les rendements plus élevés pour DC que JP, les résultats de l'année 1987 (§ 3.2) confirmant cette analyse.

(**) En 1987 (2ème année de culture de maïs) des fumiers à peu près équivalents sur le plan chimique ont été recherchés pour les deux îles.

Fig. 7.1 - Culture de Maïs 1ère année. Rendements en matière sèche totale et grains (qMS/ha) selon la situation (A3, F2, V1, F4), le précédent et la fertilisation chimique (Te, NPK).

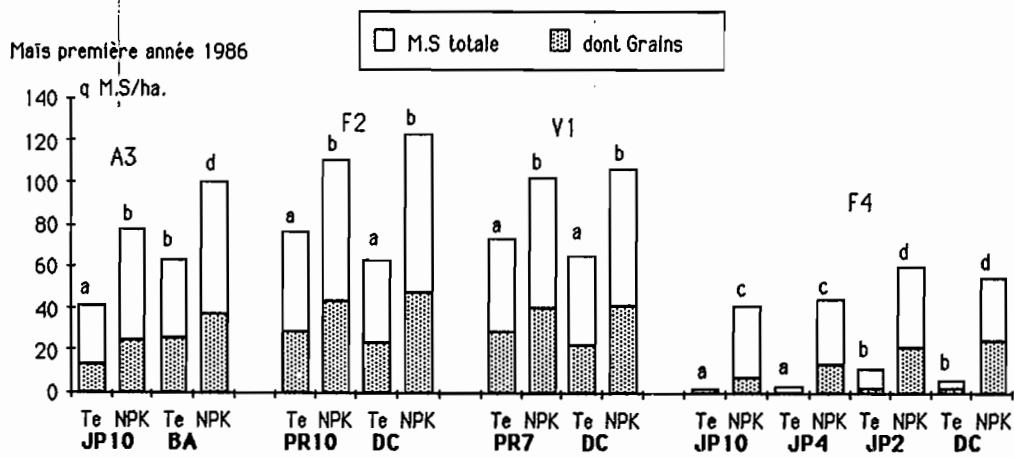


Fig. 7.2 - Culture de Maïs 1ère année (1986). Rendements en matière sèche totale et grains (qMS/ha) pour les situations A3 et F1 selon les traitements Te, NPK, Fu et Ca).

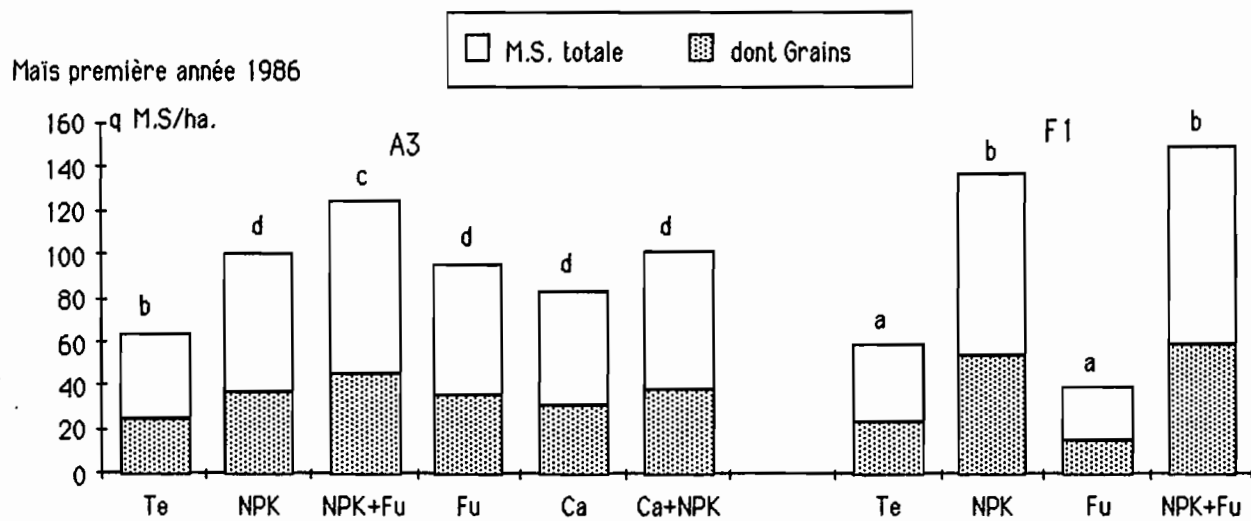


Tableau VII.2 - Calendrier et Pluviométrie au cours des cultures

SOL	Précédent	PREMIERE CULTURE					Précédent	DEUXIEME CULTURE						
		Semis	Floraison	stade 90jrs	Recolte	TOTAL		Semis	Floraison	stade 90jrs	Recolte	TOTAL		
A3	Calendrier	JP10/BA	1/3/86	10/5/86	30/5/86	16/6/86	107	Calendrier	JP10/BA	22/6/87	16/8/87	20/9/87	23/9/87	93
	Pluies utiles (mm)	JP10/BA		600	127	102	829	Pluies utiles (mm)	JP10/BA		506	214	96	816
	utiles (mm/jr)	JP10/BA		3,60	6,40	6,00		utiles (mm/jr)	JP10/BA		9,20	6,10	32,00	
F2	Calendrier	PR/DC	3/4/86	28/5/86	2/7/86	29/7/86	117	Calendrier	PR DC	28/4/87 28/4/87	27/6/87 27/6/87	27/7/87 27/7/87	1/9/87 28/8/87	126 122
	Pluies utiles (mm)	PR/DC		422,5	212,5	103,7	738,7	Pluies utiles (mm)	PR DC		776,3 776,3	87,5 87,5	244,8 161,5	1108,6 1025,3
	utiles (mm/jr)	PR/DC		7,70	6,10	3,90		utiles (mm/jr)	PR DC		12,90 12,90	2,90 2,90	6,80 5,00	
V1	Calendrier	PR/DC	23/4/86	20/6/86	22/7/86	12/8/86	111	Calendrier		en cours de culture				
	Pluies utiles (mm)	PR/DC		Mais	irrigué			Pluies utiles (mm)						
	utiles (mm/jr)	PR/DC						utiles (mm/jr)						
F4	Calendrier	JP/DC	19/6/86	15/8/86	17/9/86	22/10/86	125	Calendrier	JP/DC	30/6/87	18/8/87	28/9/87	26/10/87	118
	Pluies utiles (mm)	JP DC		232 397	170 214	350 365	752 966	Pluies utiles (mm)	JP DC		285 339	358 422	154 183	797 944
	utiles (mm/jr)	JP DC		4,10 6,80	5,20 6,50	10,00 10,40		utiles (mm/jr)	JP DC		5,80 6,90	8,70 10,30	5,50 6,50	
F1	Calendrier		31/1/86	5/4/86	1/5/86	5/6/86	125	Calendrier		2/4/87	2/6/87	1/7/87	20/7/87	109
	Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)			Mais	irrigué			Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)		Mais	irrigué			
PEA 4	Calendrier		19/2/87	26/4/87	20/5/87	3/6/87	104	Calendrier		19/2/87	26/4/87	20/5/87	3/6/87	104
	Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)			76 1,15	0 0	563,3 14,82	639,3	Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)			76 1,15	0 0	563,3 14,82	639,3
F5	Calendrier		20/7/87	10/9/87	18/10/87	10/10/87	82	Calendrier						
	Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)			349,3 6,72	0 0	550,9 18,36	900,2	Pluies utiles (mm) utiles (mm/jr)						

Tableau VII.3 - Caractéristiques des fumiers utilisés (*)

Situation	Culture	H ₂ O (%)	C (%)	N (%)	C/N	Cendres (%)	pH		Nm(ppm)		CEC (meq/100g)	P(ppm)		Bases totales (meq/100 g)			
							H ₂ O	KCl	N-NH ₄	N-NO ₃		total	ass.	Ca	Mg	K	Na
A3	Maïs 1986	220	34	2,50	14	28,4			33	986		2324		25,6	21,6		
	Maïs 1987		37	2,40	15							3210					
F1	Maïs 1986	257	20	1,40	14	55,7	7,4	6,8	31	475	77	2171	1324	21,4	11,2		
	Maïs 1987	305	32	2,30	14	39,4	7,3	6,9	19	869	90,7	3174	1944	19,7	15,8	2,9	6,8

(*) des analyses sont encore en cours.

Tableau VII.4 - Rendements des deux années de culture de maïs. Effet "Précédent"

Situation	Trait. ^t	Année 1986						Année 1987					
		Rdt MS (q/ha)		Grains				Rdt MS (q/ha)		Grains			
		Partie aérienne totale	rains	Stat. diff.(*)	CV%	%MS à la récolte	Partie aérienne totale	Grains	Stat. diff.(*)	CV%	% MS à la récolte		
A3	JP10	Te	41,3	14,1	a	40	46	0	0	a	0		
		NPK	78,6	25,5	b	16	49	0	0	a	0		
	BA	Te	64,0	25,9	b	34	50	1,5	0	a	0		
		NPK	101,0	37,1	c	15	54	16,1	6,0	b	50	25	
F2	PR10	Te	76,5	29,0	a	20	64	56,3	25,1	c	19	68	
		NPK	110,8	44,0	b	13	65	60,4	27,2	c	27	68	
	DC10	Te	64,0	23,6	a	11	65	33,8	10,1	a	24	60	
		NPK	123,8	48,1	b	11	65	52,5	16,2	b	17	60	
V1	PR7	Te	73,4	29,7	a	15	70						
		NPK	103,0	41,2	b	26	70						
	DC10	Te	66,1	22,7	a	33	72						
		NPK	107,0	41,6	b	10	72						
F4	JP10	Te	2,7	0,0	a	0	0	nd	0	a	0		
		NPK	41,5	7,2	c	18	60	68,8	26,5	b	14	65	
	JP4	Te	3,6	0,3	a	100	55	nd	1,9	a	100	64	
		NPK	44,5	13,4	c	14	65	88,3	32,6	b	22	66	
	JP2	Te	12,1	1,9	b	40	60	12,5	2,6	a	14	60	
		NPK	60,0	21,5	d	20	59	99,1	38,4	c	8	65	
	DC	Te	6,1	1,8	b	40	59	10,0	2,3	a	100	50	
		NPK	55,0	25,2	d	8	59	59,0	22,1	b	22	66	
	F5	Station 1	NPK						68,2	35,2	a	42	40
		Station 2	NPK						54,8	20,3	a	33	38
Station 3		NPK						30,2	13,0	b	49	40	

(*) L'analyse statistique est faite par situation et ne vise pas à comparer les situations entre elles. Une même lettre indique des différences non significatives à 1%, une lettre différente, des différences significatives à 1%

Tableau VII.5 - Rendements des deux années de culture de maïs. Effet "Traitement"

Situation	Trait. ^t	Année 1986					Année 1987				
		Rdt MS (q/ha)		Grains			Rdt MS (q/ha)		Grains		
		Partie aérienne totale	Grains	Stat. diff.(*)	CV%	% MS à la récolte	Partie aérienne totale	Grains	Stat. diff.(*)	CV%	% MS à la récolte
A3 BA	Te	64,0	25,9	a	34	50	1,5	0	a	0	0
	NPK	101,0	37,1	b	15	54	16,1	6,0	b	50	25
	Fu	95,5	36,7	b	11	53	16,0	5,4	b	50	20
	Fu+NPK	125,6	46,5	c	11	57	38,3	12,2	c	50	25
	Ca	83,7	31,6	b	11	50	42,0	15,5	c	26	25
	Ca+NPK	102,7	39,2	b	14	56	76,0	19,3	c	30	26
F1 DC	Te	59,9	24,0	a	6,5	83	157,3	26,3	a	12	82
	NPK	137,6	55,0	b	6,5	83	195,7	29,1	a	12	82
	Fu	39,4	15,8	a	11	83	187,6	24,1	a	12	82
	Fu+NPK	149,0	59,9	b	11	83	211,3	32,4	a	12	82
PEA JP4	Te						18,8	7,5	a	28	70
	NPK						36,0	14,4	b	31	64
	Fu						33,3	13,3	b	31	76
	Fu+NPK						28,8	11,5	b	47	74

(*) L'analyse statistique est faite par situation et ne vise pas à comparer les situations entre elles. Une même lettre indique des différences non significatives à 1%, une lettre différente, des différences significatives à 1%.

matières organiques (C, N totaux) et éléments minéraux nutritifs (Nm, Pass., Ca et Mg) que le "fumier-ferrisol", les rapports C/N étant, eux, équivalents.

Cet effet positif du fumier sur andosol peut s'expliquer par les variations temporaires de divers facteurs : augmentation du pH, des quantités d'azote minéralisées et des teneurs en P soluble (10 premiers jours) comme l'indiquent les résultats (cf. chapitre V) de cinétiques d'incubation (56 jours) de ce sol en laboratoire.

c. Chaulage (andosol A3). Par comparaison à Te, l'amendement calcaire permet un accroissement des rendements (env. 32 q/ha) équivalent à celui obtenu avec apport de NPK. Cet effet s'expliquerait plutôt par une élévation temporaire du pH du sol (avec diverses conséquences) que par une disponibilité accrue du phosphore pour la plante.

En effet, des expériences d'incubation (56 jours) en laboratoire (cf. chapitre V) sur les mêmes sols montrent qu'en présence de calcaire le pH de la solution du sol et la quantité d'azote minéralisé augmentent mais que la quantité de PO_4^{3-} extraite à l'eau ne varie pas significativement au cours des cinétiques d'incubation.

3.1.4. Conclusions aux résultats des premières cultures de maïs (1986)

A l'issue de ces premières cultures de maïs sur plusieurs type de sols, derrière divers précédents et pour différents traitements, on constate par comparaison aux précédents DC (ou BA) et aux traitements Te :

- une carence N, P ou K pour l'ensemble des situations pédologiques, carence particulièrement marquée pour le sol ferrallitique F4 de Ste Lucie ;
- des effets dépressifs des jachères de longue durée (A3 et F4) mais peu d'effets des prairies intensifiées (F2 et V1) ;
- des effets variables de la fumure organique, positif sur andosol (A3) négatif sur ferrisol F3, mais difficiles à interpréter compte-tenu des compositions différentes des deux fumiers testés ;
- un effet positif du chaulage sur andosol, effet à attribuer probablement à une augmentation temporaire du pH de ce sol acide.

3.2. Premières cultures de maïs, année 1987 (Situations PEA4 et F5)

Pour diverses raisons matérielles et financières la mise en place des essais agronomiques en Station par le CARDI (situation PEA4) et l'UWI (situation F5) n'a pu se faire qu'en 1987. Nous discuterons donc séparément de ces deux expérimentations avant de présenter les résultats de la deuxième année de culture de maïs (1987) pour les autres situations.

3.2.1. Situation PEA4 (CARDI, Ste Lucie, sol alluvial)

Dans cet essai, le maïs, non irrigué, a été semé en février 1987 et l'examen du tableau VII.2 met en évidence un très fort déficit hydrique de février à mai (carême particulièrement sec) ce qui explique les très faibles rendements en grains obtenus, variant de 7 (pour Te) à 12 à 14 q/ha (pour NPK, Fu, Fu + NPK). Dans ces conditions l'interprétation des résultats est hasardeuse. On notera simplement l'effet positif de l'ensemble des traitements NPK et Fu.

3.2.2. Situation F5 (UWI, Trinidad, ultisol)

Les essais ont lieu dans un Centre de production bovine (S.F.C. Sugar cane Feed Center), sur ultisol sablo-limoneux (Aquoxic Tropudult) dans des "stations" différant fortement par leur "histoire", leur topographie et les caractéristiques du sol :

- Station 1 : en haut de pente, jachère paturée pendant 10 ans après 20 années de culture itinérante avec fabrication de charbon de bois.

- Station 2 : à mi-pente, culture de canne à sucre depuis 5 ans après "remodelage" des sols (arrasement des horizons humifères). Avant remodelage, forêt primaire puis culture de canne à sucre.

- Station 3 : en bas de pente, culture de canne à sucre depuis 7 ans après forêt primaire et culture itinérante.

Les sols des stations 1 et 2 sont similaires, le sol de la station 3 en diffère par l'apparition d'un horizon B_{Fe} à faible profondeur (45 ou 60 cm) (RAMDASS et al., 1987).

Figure 7.3 - Cultrve de Maïs 2ème année (1987). Rendements en matière sèche totale et grains (gMS/ha) selon la situation (A3, F2, F4), le précédent et la fertilisation chimique (Te, NPK)

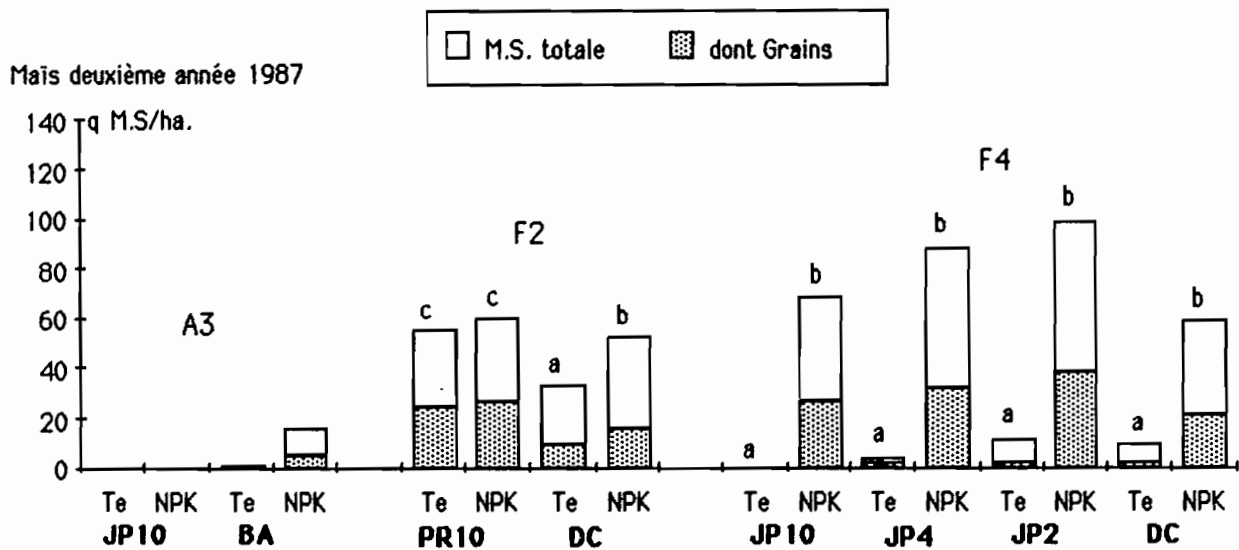
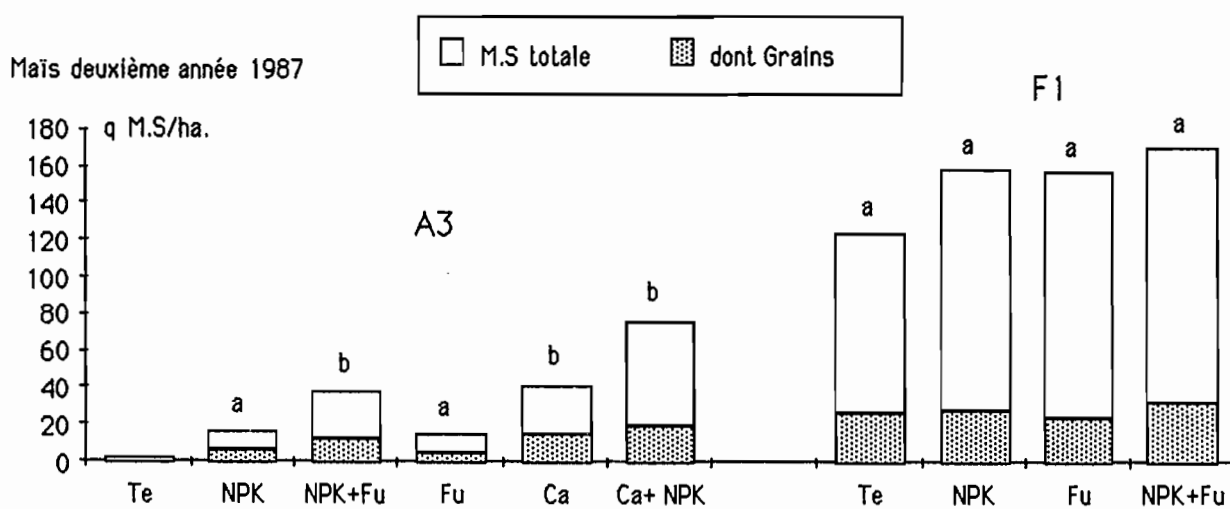


Fig. 7.4 - Culture de Maïs 2ème année (1987). Rendements en matière sèche totale et grains (qMS/ha) pour les situations A3 et F1 selon les traitements (Te, NPK, Fu et Ca).



Ces variations simultanées de plusieurs paramètres du milieu (type de sol, topographie, aménagement, précédent cultural) limitent fortement les interprétations possibles des différences de rendement observées entre les stations. Par contre, pour chaque station, la comparaison de différents traitements est possible.

Les traitements retenus ici, sont les suivants :

- avec (M_1) ou sans mulch (M_0) de canne à sucre
- différents modes d'apport d'urée ^{15}N ("placement") :
 - P1, en poudre, en surface à la raie,
 - P2, en poudre, en surface, localisé aux pieds de maïs,
 - P3, sous forme liquide (à la seringue), localisé aux pieds de maïs.

Au 30.11.87, seuls sont disponibles les rendements de maïs, les dosages ^{15}N (plantes) étant en cours. Par ailleurs, la nécessité d'une récolte précoce (vols et saccages sur les parcelles) a été signalée (RAMDASS et al., 1987) ce qui explique les faibles teneurs en matière sèche des grains (environ 40%). Les rendements en grains (tableau VII.6) auraient donc dû être plus élevés.

L'analyse statistique (seuil 1%) ne fait pas apparaître de différence selon la présence ou non du mulch ou le mode d'apport d'urée. Ce dernier résultat est particulièrement intéressant en ce qui concerne la gestion de l'urée et doit être précisé par l'étude du bilan ^{15}N -engrais (sol-plante-pertes).

3.3. Deuxièmes cultures de maïs (année 1987)

Au 30.11.87, les essais récoltés sont ceux des situations A3, F1, F2 et F4, l'essai sur vertisol V1 étant en cours.

3.3.1. Variations selon les situations pédoclimatiques. Comparaisons avec la première année de culture

La comparaison des résultats des années 1986 et 1987 (tableaux VII.4 et VII.5) fait apparaître, à l'exception de la situation F4 (Trait^t NPK), des rendements généralement plus faibles en deuxième année pour les raisons suivantes :

- situation A3. Les différences ne s'expliquent ni par un déficit hydrique ni par des attaques parasitaires. Il faut donc invoquer un problème sol (toxicité Al ?, étude en cours) non identifié à ce jour ;

- situation F2. Un déficit hydrique (tableau VII.2) au cours de la floraison explique la chute de rendements ;

- situation F1. Pas de déficit hydrique et les rendements sont identiques pour Te. Les diminutions observées pour les traitements NPK entre 1986 et 1987 sont dus à un apport trop tardif de l'urée cette dernière année ;

- situation F4. Les déficits hydriques qui existaient en première année sur les précédents "jachères" n'ont pas eu lieu en deuxième année ce qui explique en partie les rendements supérieurs observés sur les parcelles JP et les rendements identiques sur les parcelles DC.

3.2.2. Variations selon les précédents

Les résultats sont schématisés sur la figure 7.3.

a. Précédents jachère

Situation A3 (andosol). Ces rendements pratiquement nuls ne permettent aucun commentaire sur l'effet jachère.

Situation F4 (ferrallitique). Les précédents "jachère" (JP) sont systématiquement supérieurs aux précédents "cycles courts" (DC), et ce, en absence de tout déficit hydrique contrairement à la première année de culture, le précédent DC, comme on pouvait s'y attendre, ayant des rendements identiques en 1986 et 1987. On retrouve, par ailleurs, le même sens de variation de l'effet "durée de la jachère" que celui observé en première année, l'ordre croissant des rendements étant :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DC} & \leq & \text{JP10} & < & \text{JP4} & < & \text{JP2} \\ 22 & & 27 & & 33 & & 38 & \text{ q/ha} \end{array}$$

Des observations de profils culturaux à la récolte de la deuxième culture font apparaître sur les parcelles JP10, à la différence de JP4, JP2 et DC, un en-

des teneurs en Al^{3+} échangeable (étude en cours). SINGH et al. (1986) obtiennent des résultats identiques pour des cultures de maïs sur sol d'origine volcanique.

3.3.4. Conclusions à la deuxième culture de maïs

A l'issue de cette deuxième culture de maïs, et compte-tenu des données pluviométriques (F2, F4) ou culturales (apport tardif N-urée sur F1), on constate, par comparaison avec les précédents DC ou BA et les traitements Te :

- un effet positif des précédents jachères et prairies sur les rendements (résultats différents de la première année), cet effet étant décroissant, comme en 1ère année, selon la durée de la jachère (JP10 < JP4 < JP2) ;

- un effet positif de la fertilisation NPK, toujours aussi spectaculaire sur F4 (résultats semblables à 1ère année) ;

- un effet positif pour A3, nul pour F1, des apports de fumier, l'effet fumier sur andosol étant du même niveau que NPK (résultats semblables à 1ère année) ;

- un effet important du chaulage sur andosol (résultats semblables à 1ère année).

4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les rendements en grains obtenus au cours de ces deux années de culture varient entre 0 et 50 q/ha selon l'année, le type de sol, le précédent ou le traitement. Les valeurs de 30 à 50 q/ha peuvent être considérées comme moyenne à bonne pour le niveau de fertilisation NPK appliquée et sont comparables à d'autres travaux en milieu tropical (GIBOULOT, 1984 ; TAYLOR et BAILEY, 1979 ; CHABALIER, 1985).

Cette variabilité s'explique déjà fortement par la pluviométrie (répartition des précipitations au cours de la culture) et le type de sol (cas du sol ferrallitique F4 et de l'andosol A3), la fertilisation NPK (tous les sols) et l'apport de calcaire (andosol) permettant alors un rendement moyen à bon pour une pluviométrie correcte.

Tableau VII.6 - Situation F5. Rendements en grains (qMS/ha) et coefficients de variation (CV%) selon les traitements Mulch (M_0 et M_1) et modes d'application de l'urée (P1, P2, P3) pour les stations 1, 2 et 3

Traitements	Station						
	1		2		3		
	Rdt	CV%	Rdt	CV%	Rdt	CV%	
M_0	P1	30,1	40	21,6	45	8,6	32
	P2	39,3	57	23,8	35	10,8	45
	P3	32,4	29	18,0	25	14,3	81
M_1	P1	36,3	40	19,3	12	12,8	34
	P2	43,4	57	20,0	51	15,8	47
	P3	29,8	29	19,1	31	15,8	56
Moyenne $1/2 (M_0 + M_1)$	35,2	42	20,3	33	13,0	49	

Tableau VII.7 - pH des sols sur la situation andosol A3 après deux années de culture de maïs et selon les différents traitements (horizon 0-10 cm)

Situation	Traitement	pH		
		H ₂ O	KCl	
A3	JP 10	Te	4,25	4,28
		NPK	4,31	4,23
BA		Te	4,30	4,28
		NPK	4,86	4,26
		Fu	4,67	4,34
		Fu + NPK	4,65	4,27
		Ca	6,02	5,40
		Ca + NPK	5,56	4,96

Tableau VII.8 - Stocks organiques des sols et productivité du maïs en première année de culture pour les différentes situations

Situation	Stock MO (0-20 cm), t/ha		Rendements grains (q/ha)		
	C	N	1986	1987	
A3	JP 10	81	13	25,5	0
	BA	80	13	37,1	6,0
F 2	PR 10	74	6	4,40	27,2
	DC 10	46	4	48,1	16,1
V1	PR 7	50	5	41,1	en cours
	DC 10	23	4	41,6	en cours
F4	JP 10	55	5	7,2	26,5
	JP 4	48	4	13,4	32,6
	JP 2	59	6	21,5	38,4
	DC 10	35	4	25,2	22,1

Dans ces conditions, le niveau du stock organique du sol ou les amendements organiques jouent-ils un rôle important dans le productivité ? Autrement dit, doit-on s'interroger sur la gestion à long et court terme du stock organique du sol ?

L'effet "niveau du stock organique" se confond avec l' "effet précédent" (comme le rappellent les résultats du tableau VII-8) et est donc difficile à analyser en soi. Il est toutefois apparu que ces effets (jachères ou prairies), négatifs ou nuls en première année, tendaient à devenir positifs en deuxième année (situations P4 et F2). Deux années d'étude sont donc nettement insuffisantes pour juger de l'effet bénéfique ou non, sur la productivité, des augmentations des stocks organiques des sols (et des propriétés édaphiques qui y sont liées) à la suite de précédents jachères ou prairies. Il faut constater ici que, quel que soit le type de sol, les pratiques culturales paysannes en "conditions normales", ne conduisent jamais à des teneurs en matière organique (MO %) des horizons de surface (0-20 cm) inférieures à 2%. Il faut des aménagements très particuliers tel que le "remodelage" des sols (arrasement des horizons superficiels, (CHEVIGNARD, 1985) pour obtenir des teneurs en matière organique inférieures à 2% dans les horizons superficiels. Dans ces conditions il est mis en évidence aussi bien par des essais en pots (FELLER et VALONY, 1987) que par des mesures au champ (BARRET et al., 1987), des chutes de rendements en canne à sucre qui peuvent être non négligeables (0 à 50 %).

Des observations identiques ont été faites pour des cultures de maïs sur mollisols "remodelés" (LINDSTROM et al., 1986). Cette notion de seuil qui varie bien évidemment selon le type de sol mais est rarement supérieur à 1,5%, est retrouvée dans d'autres études en milieu tropical : riz pluvial au Sénégal (SIBAND, 1974), diverses cultures au Burkina-Faso (SEDOGO et al., 1979) ou au Brésil (LEPRUN, 1986), maïs au Togo (MARQUETTE, 1986).

On pourrait donc provisoirement conclure que ce seuil ne semble pas atteint ici dans les conditions des pratiques paysannes et les types de sols étudiés.

En ce qui concerne les apports de fumier les résultats acquis ne sont pas encore assez surs, compte-tenu des problèmes climatiques et édaphiques rencontrés, pour en tirer des conclusions. Les tendances seraient les suivantes : effet positif sur andosol, nul sur ferrisol. On doit rapprocher ce dernier résultat de ceux identiques (effet nul) obtenus en Martinique et Guadeloupe pour des ferrisols

ou sols ferrallitiques portant des cultures de maïs ou des cultures maraîchères et recevant des composts de canne à sucre pendant plusieurs années (CLAIRON et al., 1980 ; Action CORDET, 1985). Là encore ces observations diffèrent de celles obtenues sur des sols ferrallitiques ou ferrugineux (Afrique de l'Ouest) à teneurs plus faibles en matière organique (PICHOT et al., 1977 ; VELLY et LONGUEVAL, 1977 ; SIBAND, 1974 ; SEDOGO et al., 1979 ; GANRY et al., 1974) où les productivités sont souvent nettement améliorées par des amendements organiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Action CORDET/1981-1985 - Recyclage de la matière organique dans les sols (Martinique, Guadeloupe). Rapport final de convention. Rapp. mult. 27 p. + Annexes, ORSTOM-Martinique, INRA-Guadeloupe, IRAT-Martinique, Rédaction C. FELLER.
- BARRET (P.) et FELLER (C.) - 1987 - Effets du remodelage par nivellement d'un ferrisol sur le rendement de la canne à sucre. C.R. 33e Congr. Soc. Can. Sci. sol, 16-19/08/87, Ottawa, Canada, p. 23.
- CHABALIER (P.F.) - 1985 - Etude comparative de deux engrais marqués ^{15}N , urée et nitrate, sur une culture de maïs en Côte d'Ivoire. L'Agron. Trop., 40 (2).
- CHEVIGNARD (T.) - 1985 - Etude de la formation actuelle d'horizons humifères en milieu tropical. Cas des sols de culture "remodelés" de la Martinique. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Nancy-1, 87 p. + Annexes.
- CLAIRON (M.), NAGOU (D.) et SOBESKY (O.) - 1980 - Amendements organiques et cultures intensives sur sol ferrallitique acide en zone tropicale humide. Rapport Activité Station d'Agronomie INRA Antilles-Guyane, Mai 1980, 25 p.
- FELLER (C.) et VALONY (M.J.) - 1986 - Utilisation des résidus de canne à sucre dans un agrosystème tropical : effet sur la nutrition minérale de la plante et sur le stock organique du sol. Etude avec ^{15}N . Rapport final convention CORDET/C 71. Rapp. mult. 17 p. + Annexes, ORSTOM-Martinique.

- FOREST (F.) - 1986 - L'eau et la production du maïs en régions tropicales. C.R. Séminaire CIO-CIMMYT, 7-11 juillet 1986.
- GAY (J.P.) - 1984 - Le cycle de la plante. Mise en place des composantes du rendement. Agromaïs, 25, p. 11.
- GANRY (F.), BIDEAU (J.) et NICOLI (J.) - 1974 - Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle d'un mil souma III. L'Agron. Trop., 29, 1006-1015.
- GIBOULOT (M.C.) - 1984 - Effets d'apports de boues résiduares de stations d'épuration en sol ferrallitique tropical ; modifications relevées par le comportement d'un peuplement de maïs. Mémoire de fin d'Etudes, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 53 p.
- LEPRUN : (J.C.) - 1986 - Matière organique, propriétés physiques, pertes par érosion et productivité. Exemples brésiliens. Comm. présentée à la réunion des Réseaux RHUM-EROS de l'ORSTOM, le 08-09-86. ORSTOM-Paris.
- LINDSTROM (M.J.), SCHUMACKER (T.E.), LEMME (G.D.) et GOLLANY (H.M.) - 1986 - Soil characteristics of a Mollisol and corn (*Zea Mays* L.) growth ∞ after topsoil removal. Soil & Tillage Research, 7, 51-62.
- MARQUETTE (J.) - 1986 - Maintien et amélioration des rendements du maïs sur les terres de barre dans le sud Togo. L'Agron. Trop., 41, (2), 132-148.
- PICHOT (J.), ALZAHAWA (F.), CHABALIER (P.F.) - 1977 - Evolution d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire après la mise en culture. Effet des apports d'engrais et de compost. I.A.E.A.S.M. 211/3P. Soil Organic Matter Studies I, 83-95.
- RAMDASS (A.), AHMAD (N.) et GRIFFITH (S.M.) - 1987 - Effect of land management history and fertilizer placement, on soil properties, soil productivity and nitrogen utilization (^{15}N urea). Progress Report UWI/EEC ORSTOM Project. Rapp. mult. 15 p., St Augustine, Trinidad.
- ROBELIN (R.) - 1967 - Etude de la sensibilité du maïs à la sécheresse. C.R. Acad. Agric. 1967.

- SEDOGO (M.P.), PICHOT (J.), POULAIN (J.F.) - 1979 - Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. Incidences des successions culturales. Rapp. mult. IRAT-Hte Volta, 28 p.
- SEBILLOTTE (M.) - 1982 - Pratiques des agriculteurs et évolution de la fertilité du milieu. Eléments pour un jugement des systèmes de culture. B.T.I. 370-372, LI AGRO 19, 425-436.
- SILBAND (P.) - 1974 - Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. L'Agron. Trop., 29 (12), 1228-1248.
- SING (Y.W.), WALLENS (P.J.), GANHAIYA (P.) et MORRISON (R.J.) - 1986 - The effect of liming on some chemical properties and maize production on a highly weathered Fiji soil. Trop. Agric. (Trinidad), 63 (4), 319-324.
- TAYLOR (B.R.) et BAILEY (T.B.) - 1979 - Response of maize varieties to environment in West Africa. Trop. Agric. (Trinidad), 56 (2), 89-97.
- VELLY (J.) et LONGUEVAL (C.) - 1977 - Evolution d'un sol ferrallitique sur gneiss de Madagascar sous l'influence d'apports annuels de paille et d'azote. I.A.E.A.-S.M 211/38. Soil Organic Matter Studies I, 69-80.

**FERTILITE DES SOLS DANS LES
AGRICULTURES PAYSANNES CARIBEENNES**
Effets des restitutions organiques

Rapport final

Coordinateur : C. Feller

Organismes ayant participé au projet :

CARDI, Ste Lucie	MFC/TREDU, Ste Lucie
CEA/DB-SRA, France	ORSTOM, Martinique
ENS, France	ORSTOM/ULA, Venezuela
INRA/CRAAG, Guadeloupe	SECI/DDA, Martinique
IRAT/CIRAD, Martinique	Université PARIS VI, France
MFC/TREDU, Dominique	UWI, Trinidad

FERTILITE DES SOLS DANS LES AGRICULTURES PAYSANNES CARIBEENNES

Effets des restitutions organiques

LISTE DES ORGANISMES PARTICIPANTS

- C.A.R.D.I - Caribbean Agricultural Research and Development Institute. Castries, Ste-Lucia.
- C.E.A./D.B.-S.R.A. - Commissariat à l'Energie Atomique. Département Biologie - Service de Radio-Agronomie - Cadarache, France.
- E.N.S. - Ecole Normale Supérieure. Laboratoire d'Ecologie, Paris, France.
- I.N.R.A.-CRAAG - Institut National de la Recherche Agronomique - Centre de Recherches Agronomiques Antilles-Guyane , Guadeloupe.
- I.R.A.T.-CIRAD - Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et de Cultures Vivrières, Martinique. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
- M.F.C. - Mission Française de Coopération (Ministère des Relations Extérieures, France). Ste Lucie et Dominique.
- O.R.S.T.O.M. - Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération. Laboratoire Matière Organique des Sols Tropicaux, Fort-de-France, Martinique.
- S.E.C.I. - Station d'Essais de Cultures Irriguées. Direction Départementale de l'Agriculture. Ste-Anne, Martinique.
- T.R.E.D.U. - Training Research and Extension Development Unit. Ste Lucia and Dominica.
- U.L.A. - Universidade Los Andes. Faculdade Ciencias Forestales. Lab. de Suelos.
- Université Paris VI, P. et M. Curie. Département de Géologie Dynamique. Paris, France.
- U.W.I. - University of West Indies. Department of Soil Science, Saint Augustine, Trinidad and Tobago.

La photo en couverture représente les situations "ferrallitiques" F4 de Ste Lucie (Dugard, exploitation de M. Stanley Sainte-Marie)

AVANT PROPOS

Ce projet a débuté officiellement le 01.07.85 et, après acceptation par la CEE d'une prolongation de 6 mois, s'est terminé le 31.12.87.

Je tiens à remercier vivement Messieurs les Responsables du "sous-programme Agriculture tropicale" de la DG 12 pour leur compréhension quant aux divers retards qui ont pu exister dans la remise des rapports d'avancement et de ce rapport final.

Je souhaite aussi préciser immédiatement que, sans le financement de la CEE, cette recherche n'aurait jamais eu lieu ou, tout au moins, n'aurait jamais pris cette dimension régionale de coopération qui la caractérise. Un certain nombre de recherches initiées de ce fait vont se poursuivre maintenant plusieurs années au-delà de ce projet.

Si j'espère, bien sûr, que les résultats obtenus contribueront à une meilleure connaissance de la fertilité et de la gestion des sols dans les agricultures paysannes caribéennes, j'ajouterai que du côté des participants à ce projet, nous en "émergeons" j'en suis sûr, enrichis et sensiblement différents dans la perception des problématiques recherche/développement de ce que nous étions en nous y "plongeant".

C'est donc pour moi l'occasion d'adresser mes plus vifs remerciements et amitiés à l'ensemble de mes collègues (*) pour le travail fourni et la qualité de cette collaboration, en insistant particulièrement sur le rôle essentiel, tant sur le plan conceptuel que matériel (mise en place d'essais agronomiques en milieu paysan), joué par les équipes MFC/TREDU de Dominique et de Ste Lucie.

C. FELLER

Nancy, mars 1988

(*) Les personnes ayant participé à ce projet sont citées dans le Sommaire.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
<u>PREMIERE PARTIE - INVENTAIRE SOMMAIRE DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS</u>	6
. Chapitre I - Systèmes de culture, pratiques de la jachère et fertilisation dans les agricultures paysannes des Petites Antilles. E. de Guiran et C. Castellanet	
<u>DEUXIEME PARTIE - SYSTEMES DE CULTURE ET PROPRIETES DES SOLS ..</u>	
. Chapitre II - Systèmes de culture et propriétés générales de quelques types de sols. A. Albrecht, M. Brossard, J.L. Chotte, C. Feller, A. Plenocassagne, J.P. Brizard et L. Rangon	20
. Chapitre III - Systèmes de culture et matière organique de quelques types de sols. M. Brossard, J. Loury, A. Albrecht, J.L. Chotte, J.Y. Laurent et C. Feller	47
. Chapitre IV - Matière organique et propriétés physiques de quelques types de sols. A. Albrecht et L. Rangon	55
. Chapitre V - Matière organique et mobilité du phosphore (³² P) dans quelques types de sols. M. Brossard, J.C. Fardeau, P. Monteau, J.Y. Laurent	69
. Chapitre VI - Systèmes de culture et faune des sols. Quelques données. I. Barrois, P. Cadet, A. Albrecht et P. Lavelle	85
<u>TROISIEME PARTIE - SYSTEMES DE CULTURE, PRODUCTIVITE ET NUTRITION AZOTEE D'UN MAIS</u>	
. Chapitre VII - Précédents culturaux, fertilisation et productivité d'un maïs pour quelques types de sols. Résultats de deux années d'expérimentation. C. Castellanet, E. de Guiran, R. Pilgrim, A. Ramdass, S.M. Griffith, N. Ahmad, M. Clairon, P. Daly, M. Mahieux et J.L. Chotte	97
. Chapitre VIII - Bilans N-engrais et nutrition azotée d'un maïs pour quelques types de sols. Etude avec ¹⁵ N. J.L. Chotte, J.M. Hetier, A. Mariotti, J. Loury et C. Feller	113
CONCLUSION GENERALE	122
VALORISATION, DIFFUSION, FORMATION, PERSPECTIVES	127
ANNEXES I à VIII	