

Les stocks organiques des principaux sols cultivés de la Martinique (Petites Antilles)

Alain ALBRECHT (1), Michel BROSSARD (2), Jean-Luc CHOTTE (1) et Christian FELLER (3)

(1) Laboratoire matière organique des sols tropicaux, Orstom, BP 8006, 97259 Fort-de-France cedex, Martinique.

(2) Orstom c/o Centre de pédologie biologique, CNRS, BP 5, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy cedex.

(3) Laboratoire d'étude du comportement des sols cultivés, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier cedex.

RÉSUMÉ

On étudie les stocks organiques des principaux types de sols représentés à la Martinique selon le type de plante cultivée qu'ils supportent : systèmes agro-industriels (plantations de canne à sucre (Ca), de banane (Ba), d'ananas (An)), systèmes vivriers (Vi), maraîchers (Ma) et fourragers (Pr). Les types de sols étudiés, représentatifs de l'archipel des Petites Antilles, sont : les sols peu évolués sur cendres et ponces (J) ou sur alluvions (A), les andosols sur ponces (P) ou sur tufs (T), les sols bruns à halloysite (H), les vertisols (V) et les ferrisols (F).

On constate que, pour la couche 0 – 20 cm :

- *toutes situations confondues, les stocks organiques varient de 23 tC/ha, pour les situations maraîchage sur vertisol, à 76 tC/ha pour les situations ananas sur andosols sur ponces ;*
- *toutes situations agronomiques confondues, les stocks organiques des sols à caractères andiques (J, P, T) sont toujours supérieurs à ceux des sols à minéraux argileux cristallisés (H, V, F, A) ;*
- *pour un sol donné, les stocks organiques varient dans le sens : pour la région Nord et Centre, $A_n = Ca = Ba > Vi$, et pour la région Centre et Sud, $Pr > Ca > Vi$.*

Les stocks organiques les plus faibles sont obtenus pour les cultures maraîchères sous vertisols, ceci étant dû à une faible restitution des résidus de récolte et à une relativement forte érosion en nappe. Pour les autres sols, les stocks organiques sous cultures restent relativement élevés en comparaison à d'autres types de sols tropicaux. Les prairies artificielles permettent une augmentation notable des stocks organiques en quelques années. Toutefois les pratiques culturales conduisant à atteindre des valeurs inférieures à 15 mgC/g sol (ou 30 tC/ha), pour la couche 0 - 20 cm, sont à proscrire pour une gestion conservatoire à moyen et long terme des sols argileux H, F, Af, V et Av.

MOTS CLÉS : Matière organique – Martinique – Sols tropicaux volcaniques – Modes d'occupation des sols.

ABSTRACT

SOIL ORGANIC MATTER STORAGE IN THE MAIN CULTIVATED SOILS OF MARTINIQUE (WEST INDIES)

The authors studied the effect of main cropping systems in Martinique (West Indies): agro-industrials (sugarcane (Ca), banana (Ba), pineapple (An)), food-crops (Vi), vegetables (Ma) and pastures (Pr) - on soil organic matter storage of the most representative soils of this island (and others in Lesser Antilles). These soils are young soils on ashes and pumices (J) or on alluvial materials (A), andisols on pumices (P) or « tufs » (T), vertisols (V), « ferrisols » (F).

The results showed, for the layer 0 - 20 cm, that:

- *soil organic matter stocks of topsoils (0-20 cm) varied from 23 tC/ha (for the situation Ma/V) to 76 tC/ha (for the situation An/P),*

- for all cropping systems, organic matter stocks of soils with andic characteristics (J, P, T) were higher than organic matter stocks of soils with cristallized clay minerals (H, V, F, A),
- for a given soil type, the effect of the cultivated plant type on soil organic matter storage was: for the North and Middle areas of the island: An = Ca = Ba > Vi, and for the Middle and the South: Pr > Ca > Vi.

The lowest organic stocks described here were found on the situation with market-gardening on vertisols, owing to the low restitution of crop residues and a relatively high sheet erosion. For the other situations, soil organic stocks were comparatively high versus other tropical soils. Installation of pastures allowed a noteworthy increase of soil organic matter storage in a few years. Nevertheless soil management practices they decrease soil organic content under values of 15 mgC/g soil (or 30 tC/ha for soil organic stock), for the layer 0 - 20 cm, were to banish for the sustainability of the clayed soils H, F, Af, V and Av.

KEY WORDS: Martinique – Soil management – Soil organic matter – Tropical volcanic soils – West Indies.

INTRODUCTION

De nombreux travaux sur les sols tropicaux de différentes parties du monde ont mis en évidence les relations relativement étroites existant souvent entre les niveaux des stocks organiques et d'autres propriétés édaphiques : propriétés d'échange, pH, stabilité de la structure, azote, phosphore, etc. On pourrait citer entre autres les travaux de COMBEAU et QUANTIN (1964), FAUCK *et al.* (1969), BOISSEZON (1973), AGBOOLA (1974), CHARREAU (1974), SIBAND (1974), FELLER et MILLEVILLE (1977), PICHOT *et al.* (1977), COINTEPAS et MAKILO (1982), GODEFROY (1982), MILLER *et al.* (1982), MOREAU (1983), EGOUMINEDES *et al.* (1985), LEPRUN (1988), ADEJUWON et EKANADE (1988), CERRI *et al.* (1991).

Toutes choses égales par ailleurs, les conséquences sur l'érodibilité, par exemple, peuvent être importantes (ROOSE, 1981 ; LEPRUN, 1986). Enfin, dans un certain nombre de situations, les diminutions des stocks organiques des sols et les variations des caractères édaphiques qui y sont liées peuvent conduire à des diminutions importantes de la productivité végétale (CHARREAU, 1974 ; LEPRUN, 1986 ; PICHOT *et al.*, 1977 ; SEDOGO *et al.*, 1979 ; SIBAND, 1974), même si ce fait n'est pas généralisable (SANCHEZ et MILLER, 1986). C'est ainsi que, pour un type de sol donné, il est possible de proposer un seuil inférieur des teneurs en carbone organique des horizons de surface (0-20 cm), seuil qu'il ne faudrait pas atteindre au risque de dégradations très fortes du milieu (propriétés édaphiques, érosion, disponibilité des nutriments, productivité) plus ou moins irréversibles à long terme. Pour des oxisols du Brésil, LEPRUN (1986) situerait ce seuil à 9 mgC/g sol. L'analyse des résultats de SIBAND (1974) et SEDOGO *et al.* (1979) pour des sols sablo-

argileux à argilo-sableux de l'Afrique de l'Ouest conduit à des valeurs identiques. Des travaux effectués dans notre laboratoire (CHEVIGNARD *et al.*, 1987 ; BARRET *et al.*, 1991) montrent, dans le cas particulier de ferrisols (Martinique) ayant subi un décapage des horizons de surface en vue de l'aplanissement des reliefs pour la mécanisation des récoltes de la canne à sucre, que, pour des teneurs en carbone organique inférieures à 10 mgC/g sol, la baisse souvent observée des rendements serait attribuable en partie à des paramètres liés à la matière organique (minéralisation de l'azote, fixation du phosphore, entre autres).

Il apparaît donc important, pour les principaux types de sol d'une région donnée, d'étudier l'effet de divers systèmes d'exploitation du milieu sur le niveau des stocks organiques. Si de nombreux travaux pédologiques ont été menés par l'Orstom à la Martinique et à la Guadeloupe (COLMET-DAAGE et son équipe) jusqu'en 1980 en vue de la cartographie des sols, à notre connaissance, aucune étude systématique des stocks organiques des sols cultivés n'a été faite à ce jour pour les Petites Antilles.

Cette publication ne concerne que des situations à la Martinique mais les cultures considérées et les grands types de sols étudiés (sols peu évolués sur cendres et ponces, andosols, vertisols, ferrisols) sont souvent bien représentés dans les autres îles volcaniques de la région.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les situations étudiées

Les sols sur matériaux d'origine volcanique, à la Martinique, se différencient essentiellement sous l'effet du climat (en particulier la pluviosité,

fig. 1b), de l'âge du matériau ou de la durée de la pédogenèse, de la nature du dépôt. On distingue ainsi (COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965) les principaux types de sols suivants (fig. 1a) :

- les sols peu évolués d'apport sur cendres et ponces (notés J) ;
- les sols peu évolués d'apport sur alluvions à caractère ferrisolique (notés Af) ou vertique (notés Av) ;
- les andosols sur ponces (notés P) ;
- les andosols sur tufs (notés T) ;
- les sols brun-rouille à halloysite (notés H) ;
- les sols ferrallitiques et fersiallitiques dont les ferrisols (notés F) ;
- les vertisols (notés V) ;
- les sols rouges à montmorillonite (non étudiés ici).

Les situations culturales retenues sont :

- les monocultures de banane (notées Ba), canne à sucre (notées Ca), ananas (notées An), avocat (notées Avoc) ;

- les prairies (notées Pr), naturelles (notées Prn), ou artificielles (notées Pra) essentiellement plantées en *Digitaria decumbens* ;

- les rotations vivrières (notées Vi) et maraîchères (notées Ma) fortement (notées F), moyennement (notées m) ou faiblement (notées f) intensifiées (notées i).

Les situations maraîchères sont toutes fertilisées et irriguées. Leur « degré d'intensification » est fonction de la durée des jachères intercalaires (TYBURN, 1985) :

- inférieure à 4 mois pour les situations dites fortement intensifiées (2 cultures annuelles) ;
- de 4 à 9 mois pour les situations dites moyennement intensifiées (1 culture par an) ;
- de 5 à 21 mois pour les situations dites faiblement intensifiées (1 culture bisannuelle).

Ces situations culturales sont parfois comparées à des situations dites « naturelles » : forêt, savanes arborées (notées Sav arb), prairies « naturelles » (notées Prn).

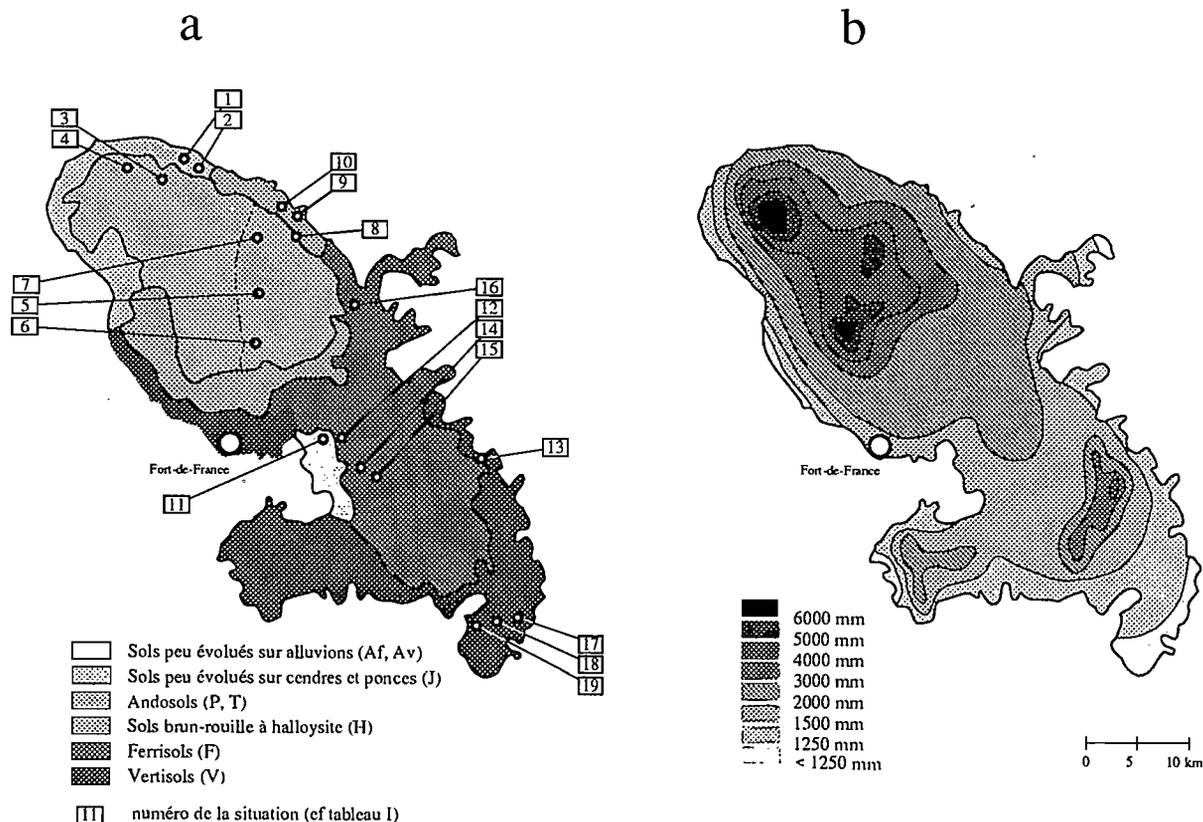


FIG. 1a - Carte simplifiée des sols de la Martinique et localisation des situations étudiées.
Simplified soil map of Martinique and samples locations.

FIG. 1b - Carte simplifiée de la pluviosité de la Martinique.
Simplified rainfall map of Martinique.

TABLEAU I
Présentation des situations agropédologiques étudiées
Presentation of the studied agropedological situations

Type de sol	Symbole de la situation	Végétation ou culture	Durée de la culture (années)	Renseignements divers	Pluviosité (mm/an)	Numéro de la situation (figure 1a)
J	J-An (1)	ananas	>20	Habitation Pécoul, Basse Pointe	2300	1
	J-An (2)	ananas	>20	Habitation Pécoul, Basse Pointe	2300	2
	J-Ba	banane	>20	Habitation Pécoul, Basse Pointe	2300	1
P	P-An	ananas	>20	Habitation Eden, Ajoupa-Bouillon	3200	3
	P-Ba	banane	>20	Habitation Eden, Ajoupa-Bouillon	3200	3
	P-Ca	rotation canne à sucre/ananas	>20	Habitation Bellevue, Macouba - avant 1976 : rotation Ca/An - 1976-1978 : An - 1978-1985 : Ca	3200	4
T	T-Forêt (1)	forêt		Habitation St Etienne, St Joseph	2950	5
	T-Ca	canne à sucre	>20	Habitation St Etienne, St Joseph	2950	5
	T-Forêt (1)	forêt		Habitation Le Chalet, St Joseph	3210	6
	T-Ba	banane	>20	Habitation Le Chalet, St Joseph	3210	6
	T-Vi/Ma	rotation vivrier/jachère/canne à sucre	>20	Jardin "Ludon", Ste Marie	3210	7
T/H	T/H-Avoc/Pr	avocat & prairie	>20	Habitation Concorde, Ste Marie	2300	8
	T/H-Ba	banane	>20	Habitation Concorde, Ste Marie	2300	8
H	H-Ba	rotation banane/jachère	>20	Quartier Charpentier, Ste Marie - 1965-82 : banane - 1982-84 : jachère - 1984-85 : banane	2150	9
	H-Ca	canne à sucre	>20	Plantation St James, Ste Marie	2150	10
Af	Af-Ba	banane	11	Rivière Lézarde, Pt Morne, Lamentin - 1965-74 : canne à sucre - 1974-85 : banane	1800	11
	Af-Ca	canne à sucre	>20	Rivière Lézarde, Pt Morne, Lamentin	1800	11
	Af-Ma	maraîchage	>20	IRAT, Lareinty, Lamentin	1800	12
Av	Av-Ba/Ca	rotation banane/canne à sucre	>20	Habitation Simon, Baie du Simon - 1965-74 : banane - 1974-78 : canne à sucre - 1978-85 : banane	1500	13
	Av-Ca/Ba	rotation banane/canne à sucre	>20	Habitation Simon, Baie du Simon - 1965-74 : banane - 1974-85 : canne à sucre	1500	13
F	F-Sav arb	savane arborée		Ducos	1800	14
	F-Ma F i	maraîchage	>20	IRAT, Lareinty, Lamentin	1800	12
	F-Ma m i	maraîchage	>10	Quartier Morne Vert, Ducos	1800	15
	F-Ca	canne à sucre	>20	Habitation Gallon, Trinité	1820	16
V	V-Sav arb	savane arborée		Les Anglais, Ste Anne	1400	17
	V-Pra	prairie artificielle	7	Station SECI, Ste Anne	1400	18
	V-Prn	prairie naturelle	>10	prox. Station SECI, Ste Anne	1400	19
	V-Ma F i	maraîchage	7	Station SECI, Ste Anne	1400	18
	V-Ma m i	maraîchage	10	prox. Station SECI, Ste Anne	1400	19
	V-Ma f i	maraîchage	10	Quartier Les Anglais, Ste Anne	1400	17

Toutes ces situations agro-pédologiques sont regroupées et décrites dans le tabl. I et sont repérées sur la figure 1a.

Prélèvements et comparaison des situations agro-pédologiques

Chaque situation agro-pédologique a fait l'objet d'une description de profils, de prélèvements d'échantillons moyens (12 répétitions) pour trois épaisseurs de sol (0-10, 10-20, 20-40 cm), de mesures de densité apparente (γ_a) sur ces mêmes épaisseurs (3 à 6 répétitions), de prélèvements éventuels d'horizons pédologiques, de diverses analyses des échantillons prélevés : granulométrie, pH, teneurs en carbone et azote, teneurs en eau mesurées au champ (W_n) et à différents potentiels (pF 2,5 et pF 4,2), capacité d'échange cationique (CEC).

Pour un même type de sol, n'ont été retenues que les situations dont la texture et la minéralogie des horizons de surface sont proches, conditions indispensables pour tester des « effets culture » sur les variations des stocks organiques des sols (ROOSE et CHEROUX, 1966 ; BOISSEZON, 1973 ; FELLER *et al.*, 1991).

Des critères simples sont utilisés pour décider de ces comparaisons.

• Sols à caractère allophanique

Il est bien connu que, pour ces types de sol, la détermination des teneurs en argile est délicate à obtenir et difficile à interpréter, la dispersion au cours de l'analyse mécanique étant dépendante du pH (COLMET-DAAGE *et al.*, 1972). Ainsi, pour ces sols, avons-nous déterminé simplement les teneurs en terre fine (t.f. = 0-2 mm) pour les sols J et P et les teneurs en argiles + limons (0-50 μ m) pour les sols J, P, T et T/H. Les autres critères souvent utilisés pour les comparaisons des matériaux de ces types de sol sont la teneur en eau naturelle W_n (EGASHIRA *et al.*, 1986) et/ou les teneurs en eau à différents pF sur échantillons non préalablement séchés.

• Autres sols

Les critères de comparaison, d'ailleurs interdépendants, sont à la fois la teneur en éléments fins (A + LF, 0-20 μ m), la teneur en eau à pF 4,2 et la capacité d'échange (CEC) mesurée à pH 7.

Méthodes analytiques

Le carbone organique (C) et l'azote (N) sont dosés par voie sèche à l'auto-analyseur CHN Carlo Erba Mod. 1106.

Les teneurs en eau aux différents pF sont déterminées à la presse Richards selon SSC-OR-STOM (s.d.) sur échantillons non séchés pour les sols J, P, T et séchés préalablement pour les autres sols.

La capacité d'échange cationique est déterminée à l'acétate d'ammonium à pH 7 selon PELLOUX *et al.* (1971).

Les mesures de pH sont faites sur une suspension dans un rapport sol/solution de 1/2,5.

Les densités apparentes γ_a sont estimées par la méthode au cylindre sur un volume de 493 cm³ (hauteur du cylindre = 10 cm).

Le test de terrain « NaF » est fait selon FIELDS et PERROT (1966).

Estimation et comparaison des stocks de carbone et d'azote

Les stocks de carbone et d'azote exprimés en tonne par hectare sont calculés de la façon suivante :

C (ou N) t/ha = (C (ou N) mgC/g sol) \times (γ_a) \times (épaisseur de la couche de sol en dm).

Pour les sols riches en éléments grossiers (J et P), la teneur totale en carbone (ou azote) intègre les fractions de tailles supérieure et inférieure à 2 mm (FELLER *et al.*, 1989).

Les écarts-types des stocks de carbone exprimés en tonne par hectare n'ont pas été déterminés systématiquement pour toutes les situations agro-pédologiques étudiées ici. Nous reportons au tabl. II quelques données obtenues pour d'autres situations agro-pédologiques similaires (Guadeloupe et Sainte-Lucie). Toutes situations confondues, on constate que les coefficients de variation varient de 4 à 21 % et les écarts-types de 1 à 7 tonnes de carbone par hectare.

Nous avons utilisé ces données pour obtenir, de manière statistique avec n répétitions (test de comparaison des moyennes pour de petits échantillons), la différence théorique ($\Delta m = m_A - m_B$) significative entre les stocks organiques de 2 situations différentes A et B. Pour la couche 0-10 cm, pour n variant de 10 à 13, au risque de 1 %, et pour un écart-type maximum de 4,2 tC/ha (tabl. II), on obtient alors $\Delta m = 1,4$ tC/ha. Si l'on considère les stocks organiques pour la couche 0-20 cm calculés par la somme de stocks 0-10 et 10-20 cm, Δm devient alors égal à 2,8 tC/ha. On a choisi la valeur $\Delta m = 5$ tC/ha pour exprimer des différences hautement significatives entre deux parcelles pour la couche 0-20 cm.

TABLEAU II

Moyennes (m), coefficients de variation (CV) des teneurs en carbone et écarts-types (s) des stocks organiques pour différentes situations agropédologiques de sols volcaniques des Petites Antilles (Martinique, Guadeloupe, Sainte-Lucie)
Soil organic content mean (m), coefficient of variation (CV) and standard deviation (s) of soil organic stocks for different agropedological situations on volcanic soils in the Lesser Antilles (Martinique, Guadeloupe, Saint Lucia)

Type de sol et localisation	Culture	Horizons	Nombre de répétitions	Teneur en carbone		γ_a	Stock organique		d'après
				m mgC.gsol ⁻¹	CV %		s g.cm ⁻³	s tC.ha ⁻¹	
T1	Ma/Vi	0-10	9	30,8	10	0,78	2,4	Feller et al. (1984)	
F2	Pra	0-10	6	41,0	18	0,85	6,3	CEE-ORSTOM (1988)	
		10-20	6	29,5	21	1,32	8,2	id	
	Pra(Ma)	0-10	12	35,0	12	0,98	4,1	id	
		10-20	12	23,0	7	1,05	1,7	id	
	Ma	0-10	6	19,9	4	1,18	0,9	id	
10-20	6	19,8	5	1,12	1,1	id			
F4	JP10	0-10	12	29,4	11	1,09	3,5	id	
		10-20	4	21,4	10	1,18	2,5	id	
	JP2	0-10	5	26,4	9	1,09	2,6	id	
		10-20	5	24,5	19	1,22	5,7	id	
	Ma/Vi	0-10	5	19,0	14	0,90	2,4	id	
10-20	3	19,4	9	0,92	1,6	id			
V1	Ma	0-10	13	13,3	21	0,99	2,8	id	
	Maïs(Pra)	0-10	10	20,6	20	0,94	4,1	id	

(*) : T, F, V : andosol (sur tuf), sols à caractères ferrallitiques, vertisol

1, 2, 4 : Martinique, Guadeloupe, Ste Lucie

Ma/Vi = rotations maraîchères et vivrières, Ca = canne à sucre, Pra = prairie artificielle, Ma = cultures maraîchères, JP = jachère pâturée (et sa durée), entre parenthèses = le précédent cultural de longue durée

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats sont détaillés dans les tableaux III à VII.

Des observations du paragraphe concernant les prélèvements et la comparaison des situations agropédologiques, il ressort que :

- pour les sols P, la situation Ca est difficilement comparable aux situations An et Ba par suite de teneurs en terre fine beaucoup plus faibles (tabl. III) ;
- pour tous les autres sols, la comparaison, pour le même type de sol, entre situations culturales est possible.

Signalons que, pour les sols T et la situation F/Ca, les stocks de carbone n'ont été estimés que pour la couche 0-20 cm (tabl. IV).

Variations des teneurs en carbone et des stocks organiques selon le type de sol

Pour chaque type de sol, et toutes situations agromonomiques confondues, a été calculée la moyenne des teneurs (mgC/g sol) et des stocks (tC/ha) en carbone sur la couche 0-20 cm (fig. 2 et 3).

Pour les teneurs en carbone, on peut distinguer trois groupes de sols (fig. 2) :

- les andosols sur ponces (P) et sur tufs (T) aux teneurs moyennes d'environ 30 mgC/g sol et teneurs minimales supérieures à 20 mgC/g sol ;
- les sols à caractères andiques (J et T/H) sur matériaux ponceux relativement récents mais sous des pluviosités plus faibles (2 300 mm/an) que les sols P et T (3 200 mm/an), avec des teneurs moyennes d'environ 20 mgC/g sol ;
- les sols à minéraux argileux cristallisés, H, F, Af (à argile de type 1/1) et Av et V (à argile de type 2/1) sous des pluviosités variant de 2 100 à 1 400 mm/an et avec des teneurs en carbone d'environ 20 mgC/g sol ; une valeur minimum de 11 mgC/g sol est observée pour la situation maraîchère fortement intensifiée sous vertisol.

Pour les stocks en carbone (tC/ha), on peut distinguer, à partir des valeurs moyennes (fig. 3) :

- les andosols sur ponces (P) avec des stocks très élevés, d'environ 65 tC/ha ;

TABLEAU III
Caractéristiques physico-chimiques des sols allophaniques sur cendres et ponces
Analytical characteristics of allophanic soils on ashes and pumices

Sol	Culture	z (cm)	C (mg.g ⁻¹ sol)	N	C/N	C (t.ha ⁻¹)	N	pH H ₂ O	pH KCl	CEC (cmol.kg ⁻¹)	γ_a (g.cm ⁻³)	Sol < 2 mm (%sol)	Wn (%sol)	
J	An (1)	0-10	28,2	3,8	7,4	25	3	4,8	4,7	13	0,9	53,8	41,2	
		10-20	25,9	2,8	9,1	23	2	5,1	4,6		0,88	54	45,1	
		20-40	26,5	2,7	9,6	49	5	5,1	4,5		0,92	33,4	46,4	
		0-40				97	10							
		0-20				48	5							
	An (2)	0-10	30,8	3,3	9,3	25	3	4,5	4,5	13,6	0,82	59,5	42,7	
		10-20	26,3	2,6	10,5	22	2	4,9	4,8		0,84	40	57,5	
		20-40	30	3,2	9,1	52	6	5	4,9		0,87	55,5	54,6	
		0-40				99	12							
		0-20				47	5							
	Ba	0-10	26,3	2,9	8,8	30	3	5,6	4,8	9,8	1,11	67,7	23,3	
		10-20	20,7	2,2	9,3	23	2	6	5,2		0,98	67,5	25	
		20-40	19,3	2	9,3	42	5	6,2	5,1		0,88	68,7	26,7	
		0-40				95	10							
		0-20				53	5							
P	An	0-10	41,3	4,26	9,7	37	4	4,5	4,4	10,7	0,9	56,6	54,3	
		10-20	37,5	3,62	10,4	39	4	5,1	4,5		1,05	48,9	48,4	
		20-40	30,9	3,09	10	66	7	5,1	5		1,07	53,8	43,1	
		0-40				142	15							
		0-20				76	8							
	Ba	0-10	33,9	3,36	10,1	34	3	5,7	5,3	12,2	0,99	57,3	45,7	
		10-20	32,5	3,55	9,2	34	4	6	5,2		1,05	70,5	42,4	
		20-40	24,2	2,64	9,2	52	7	6	5,6		1,07	64,4	44,1	
		0-40				120	14							
		0-20				68	7							
	Ca	0-10	30,4	3,08	9,9	27	3	5	4,4	11,7	0,89	35	53,1	
		10-20	28,8	3,13	9,2	30	3	5,2	4,7		1,06	51,4	49,7	
		20-40	24,1	2,57	9,4	44	5	5,2	4,8		0,91	30,7	65	
		0-40				101	11							
		0-20				57	6							

– les autres sols à caractères andiques aux stocks élevés, d'environ 45 à 50 tC/ha ;

– les sols à minéraux argileux cristallisés (H, F, Af, Av, V) aux stocks plus faibles variant de 34 à 42 tC/ha.

Cette tendance à la diminution des valeurs moyennes quand on passe des sols à caractères andiques marqués (P, T) aux sols à caractères ferrisolique et vertique se retrouve aussi lorsque l'on analyse plus précisément les variations des stocks organiques des sols pour un agrosystème donné. Les agrosystèmes « banane » et « canne à sucre » permettent cette comparaison (fig. 4). Les stocks organiques varient dans le sens :

situations « banane »

$P > T = J > T/H = H = Af = Av$

situations « canne à sucre »

$P > T = F = Af > H > Av$

La capacité des sols cultivés à stocker de la matière organique semble donc être en relation étroite avec le type de sol.

Variations des stocks organiques selon le type de culture

Pour des raisons historiques et climatiques, les types de culture sont différemment répartis sur l'île. Aussi allons-nous comparer, d'une part, les cultures agro-industrielles (cultures dites de plantation) qui se concentrent dans le nord et le centre de l'île, à l'exception dans le Sud de cultures irriguées de banane sur alluvions vertiques (Av), d'autre part les

TABLEAU-IV
Caractéristiques physico-chimiques des andosols et sols brun-rouille à halloÿsite sur tufs
Analytical characteristics of andisols and halloÿsitic brown soils on tufs

Sol	Culture	z (cm)	C (mg.g ⁻¹ sol)	N (mg.g ⁻¹ sol)	C/N	C (t.ha ⁻¹)	N (t.ha ⁻¹)	pH H ₂ O	pH KCl	CEC (cmol.kg ⁻¹)	γ _a (g.cm ⁻³)	Wn (%sol)	
T	Forêt (1)	0-20	66,9	6,48	10,3	80	8			23,5	0,6		
		0-20	67,5	5,72	11,8	81	7			22	0,6	77	
	Ba (3)	0-20	48,9	3,75	10,3	54	4			22	0,55	77	
		0-20	32,7	2,43	14,5	51	4	5	4,7	18,5	0,78	63	
	Vi/Ma	0-20	27,1	2,98	9,1	42	5	5,3	4,3	20	0,78	58	
T/H	Avoc./Pr.	0-10	34,6	4,31	8	40	5	5,2	4,7	27,5	1,16	26,7	
		10-20	31	4,26	7,3	26	3	4,9	4,4		0,83	42,2	
		20-40	29,1	3,34	7,2	45	6	5	4,4		0,93	37	
		0-40				121	14						
		0-20				60	8						
	Ba	0-10	18,3	2,96	6,2	17	3	4,8	4,3	25,3	0,96	31,6	
		10-20	16,8	2,09	8	19	2	4,6	4		1,13	25,6	
		20-40	14,1	2,04	6,9	27	4	4,7	4,2		0,95	35,3	
		0-40				63	9						
		0-20				36	5						
	H	Ba	0-10	13,2	1,77	7,4	16	2	5,7	5,1	17,2	1,22	
			10-20	13,8	1,53	7,1	18	2	5,6	4,9		1,28	
			20-40	8,6	1,06	8,1	22	3	5,2	4,8	19,7	1,28	
			0-40				56	7					
0-20					34	4							
Ca	0-10	18,3	2,31	7,9	21	3	5,4	4,6	24,2	1,17			
	10-20	14,7	2,22	6,6	21	3	5,7	4,9	23,5	1,42			
	20-40	10,5	2,16	4,8	23	5	5,9	5,4	23,6	1,11			
	0-40				65	11							
	0-20				42	6							

cultures prairiales et maraîchères qui ont eu un développement plus récent dans le centre et le Sud, ceci étant lié à la mise en place d'un périmètre irrigué.

LES CULTURES AGRO-INDUSTRIELLES

Les résultats sont détaillés dans les tableaux III, IV, V et sont schématisés sur la figure 4. Ils concernent, comme précédemment, la couche 0-20 cm.

• Comparaison ananas-banane, sur sols P et J :

les stocks organiques sont identiques (sols J) ou supérieurs (sols P) sous culture d'ananas de longue durée à ceux sous culture de banane.

• Comparaison banane-canne à sucre, sur sols P, T, H, Af, Av :

les stocks organiques sous banane peuvent être supérieurs (sols P), égaux (sols T et Av) ou inférieurs (sols H et Af) à ceux sous canne à sucre ; la situation Av est un cas particulier puisqu'elle ne concerne pas des monocultures de longue durée (> 20 ans) mais des rotations banane/canne à sucre (cf. tabl. I).

• Autres comparaisons :

Notons qu'une culture maraîchère et vivrière sur les sols T s'accompagne d'un stock organique du sol plus faible que sous banane ou canne à sucre, alors qu'une prairie associée à une plantation d'avocats (sols T/H) permet un stockage de carbone organique plus important qu'une bananeraie.

De ces résultats nous retiendrons les points suivants :

1 – les cultures agro-industrielles dominantes dans le nord et le centre de la Martinique maintiennent les stocks organiques des sols à des niveaux élevés (de 35 à 75 tC/ha pour les vingt premiers centimètres) ; à titre de comparaison, GODEFROY (1974), GODEFROY et MARTIN (1969), GODEFROY *et al.* (1972) notent des stocks de 34,8 et 24,4 tC/ha pour des cultures de longue durée de banane et d'ananas respectivement pour des sols ferrallitiques de basse Côte-d'Ivoire, et CERRI *et al.* (1991) des stocks de 37,4 tC/ha pour une culture de canne

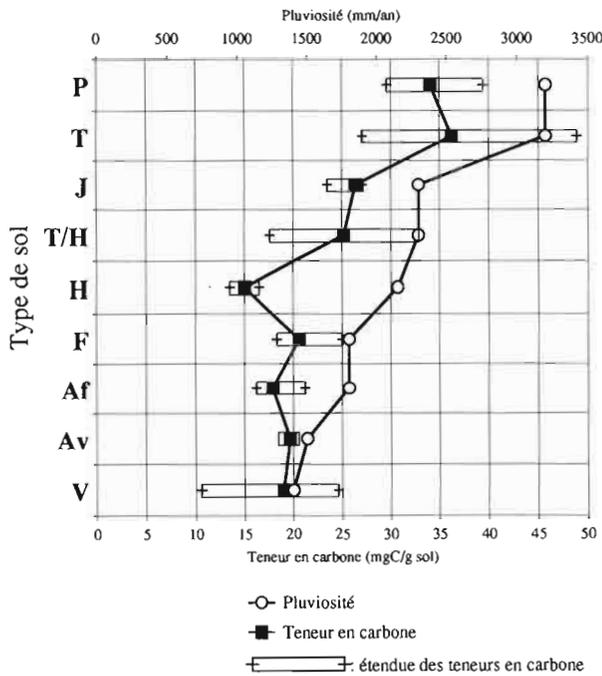


FIG. 2 – Moyenne et étendue des teneurs en carbone des sols étudiés (couche 0-20 cm).
Mean and range of soil organic carbon contents (layer 0-20 cm).

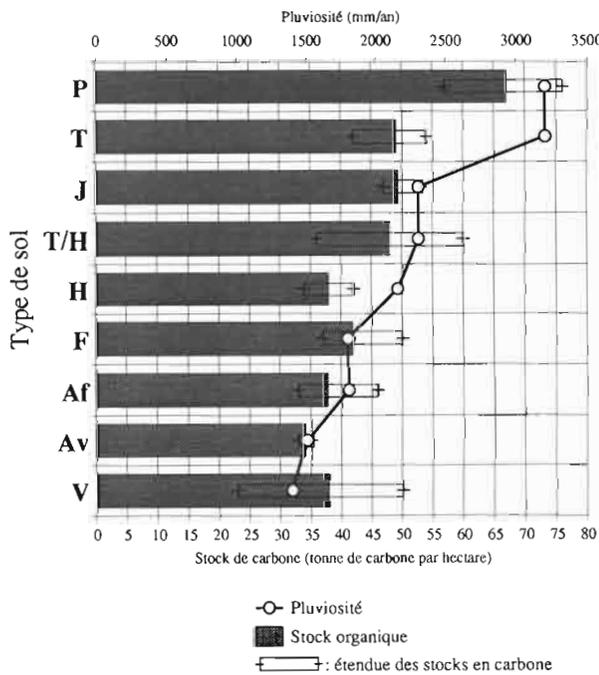


FIG. 3 – Moyenne et étendue des stocks organiques des sols étudiés (couche 0-20 cm).
Mean and range of soil organic stocks (layer 0-20 cm).

à sucre de 50 ans sur des oxisols (à comparer aux stocks de l'ordre de 50 tC/ha obtenus pour des ferrisols sous canne à sucre à la Martinique),

2 – les résultats présentés ici ne permettent pas d'établir une hiérarchie (niveau, sens de variation) dans les effets respectifs des cultures de banane, canne à sucre ou ananas sur les stocks organiques des sols.

LES CULTURES PRAIRIALES ET MARAÎCHÈRES

Les résultats détaillés sont présentés dans les tableaux VI et VII et schématisés sur la figure 5. Les comparaisons concernent les sols F et V. Les deux types de cultures différencient nettement les stocks organiques. Dans les deux cas, ceux-ci sont 1,5 à 2,5 fois supérieurs sous prairie que sous maraîchage.

Dans le cas des ferrisols, l'intensification des cultures maraîchères semble exercer peu d'effet sur les stocks organiques. Il n'en est pas de même des vertisols pour lesquels les situations les plus intensifiées correspondent aux stocks organiques les plus faibles (23 tC/ha pour 0-20 cm). Ceci pourrait être dû, pour les vertisols, 1. à de faibles restitutions organiques par suite de jachères de courte durée, 2. à une érosion par ruissellement des premiers centimètres du sol (ALBRECHT *et al.*, 1992), érosion d'autant plus intense que le sol est labouré plus régulièrement et que sa surface reste nue plus longtemps.

Sous prairie artificielle (Pra), les stocks organiques sont du même ordre que ceux observés sous prairie naturelle (Prn) et proches de ceux sous savane arborée. Sous canne à sucre (ferrisol, fig. 4), les stocks organiques ont des valeurs intermédiaires à celles des situations prairiales et maraîchères.

Enfin les niveaux très proches observés pour les stocks organiques des sols F et V sous une même végétation (Sav arb) ou pour un même système cultural (Ma mi) indiquent que la nature minéralogique des argiles (kaolinite/halloysite pour les sols F, smectites pour les sols V) a peu d'effet sur le stockage *in situ* de la matière organique des sols argileux.

CONCLUSIONS

De ces résultats, nous retiendrons que:

1 – les sols à caractères andiques (sols P, T, J, T/H) ont un « pouvoir de stockage de la matière organique » nettement supérieur aux sols contenant une fraction argileuse cristallisée (sols H, Af, Av, F et V) et ce quel que soit le type de plante cultivée

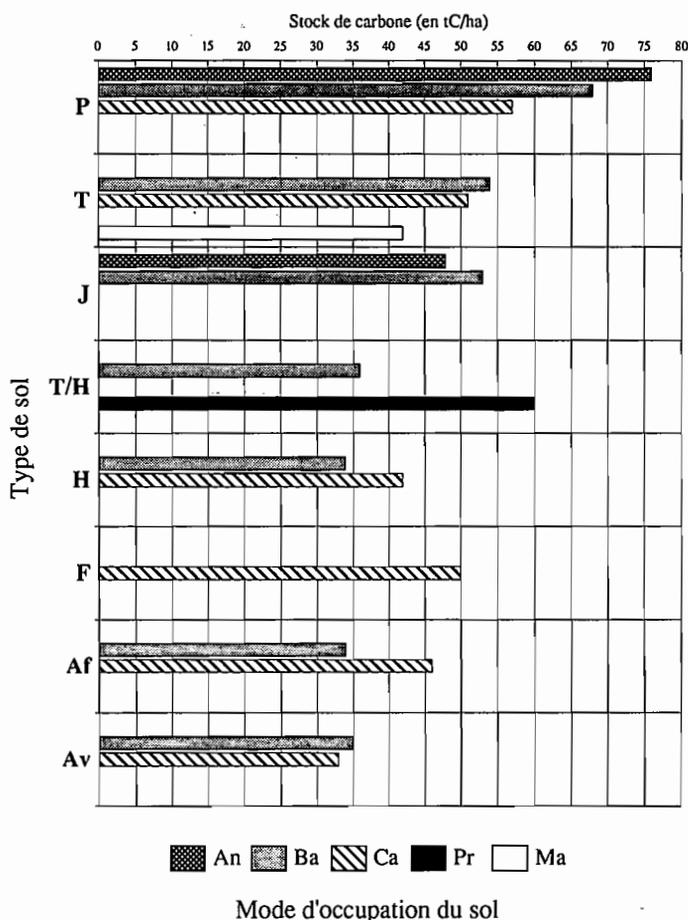


FIG. 4 – Stocks organiques des sols du nord et du centre de la Martinique sous monocultures.
Organic stocks of soils under agro-industrials cultures in the North and Middle Martinique.

considérée. Cet effet sur la stabilisation des matières organiques par des matériaux allophaniques est bien connu (WADA et INOUE, 1967 ; BROADBENT *et al.*, 1979 ; BOUDOT *et al.*, 1986 ;)

2 – les sols à minéraux argileux cristallisés étudiés ici ont tous (à l'exception de la situation MaFi sur vertisol V) des stocks organiques, pour la couche 0-20 cm, supérieurs à 30 tC/ha. Ainsi, en conditions habituelles de cultures, les stocks organiques de ces sols, dont on rappellera qu'ils ont tous une texture argileuse, restent-ils à un niveau relativement élevé, en comparaison des sols à textures plus grossières (Afrique de l'Ouest) ou à textures identiques mais à caractère ferrallitique plus accentué (Brésil). Par ailleurs, il ne ressort pas d'effet spécifique des smectites par rapport aux argiles 1/1 (kaolinite/halloysite) vis-à-vis du stockage *in situ* de la matière organique ;

3 – pour un sol donné, le « pouvoir de stockage de la matière organique » pour les principales cultures de la Martinique varie dans le sens :

Région Nord et Centre : An = Ca = Ba > Vi

Région Centre et Sud : Pra = Prn > Ca > Vi ;

4 – sur le plan de la gestion des stocks organiques :

- les trois principales monocultures (ananas, banane, canne à sucre) de la Martinique maintiennent les stocks organiques des sols à un niveau relativement élevé,

- le maraîchage, surtout fortement intensifié, induit de faibles niveaux de stocks organiques, mais ceux-ci peuvent être augmentés relativement rapidement (5 ans) par des pâturages artificiels (*Digitaria decumbens*) fortement ou faiblement intensifiés. Aussi, l'association maraîchage-pâturage, avec des rotations comprises entre 5 et 10 ans,

TABLEAU V
Caractéristiques physico-chimiques des sols peu évolués sur alluvions ferrallitiques et vertiques
Analytical characteristics of inceptisols on ferrallitic and vertic alluvial deposits

Sol	Culture	z (cm)	C (mg.g ⁻¹ sol)	N (mg.g ⁻¹ sol)	C/N	C (t.ha ⁻¹)	N (t.ha ⁻¹)	pH H2O	pH KCl	CEC (cmol.kg ⁻¹)(g.cm ⁻³)	γ _a (%sol)	Wn (%sol)	W pF 2,5 (%sol)	W pF 4,2 (%sol)	0-20 μm (%sol)	
Af	Ba	0-10	16,2	2,42	6,7	16	2	4,3	3,7	22	0,97	38	33,7	25,4	72	
		10-20	16,4	2,85	5,7	18	3	4,4	3,8	21,6	1,12	35,1			73	
		20-40	14,1	2,1	6,7	31	5	4,8	4,1	23,9	1,1	32,3	35,1	26,3	75	
		0-40				65	10									
		0-20				34	5									
	Ca	0-10	24	3,31	7,3	26	4	4,8	4	24,3	1,09	29,7	38,6	27,6	73	
		10-20	18,4	2,22	8,3	20	2	5	4,1	23,9	1,09	30			76	
		20-40	14,5	2,12	6,8	31	5	5,5	4,4	22	1,06	34,2	36,9	26,9	76	
		0-40				77	11									
		0-20				46	6									
	Ma	0-10	17,1	2,98	5,7	16	3	6	5	26,6	1,05	25,1	36,7	27,3	70	
		10-20	15,2	1,78	8,6	17	2	6	5	27,9	1,13	25,1	38,6	28,3	69	
		20-40	13,7	1,87	7,3	27	2	5,8	4,9	27,8	1,02	43,8	39,6	29,6		
		0-40				60	7									
		0-20				33	5									
Av	Ba/Ca	0-10	18,5	2,63	7,1	16	2	4,6	3,8	50,6	0,84	40,3	44,3	34,1	87	
		10-20	21,1	2,75	7,7	19	2	4,5	3,7	51,4	0,9	42,3			71	
		20-40	20	2,2	9,1	48	5	5,1	4,1	50,5	1,19	39,2	47,7	38,7	70	
		0-40				83	9									
		0-20				35	4									
	Ca/Ba	0-10	18,5	2,33	7,9	16	2	5,7	3,4	47,9	0,89	23,8	44,7	36,3	81	
		10-20	20,5	2,22	9,3	17	2	5,8	4,4	49,8	0,85	42,2			76	
		20-40	20,5	2,39	8,6	45	5	6	4,5	47,5	1,09	43,6	51,2	39,4	75	
		0-40				78	9									
		0-20				33	4									

TABLEAU VI
Caractéristiques physico-chimiques des ferrisols
Analytical characteristics of « ferrisols »

Sol	Culture	z (cm)	C (mg.g ⁻¹ sol)	N (mg.g ⁻¹ sol)	C/N	C (t.ha ⁻¹)	N (t.ha ⁻¹)	pH H2O	pH KCl	CEC (cmol.kg ⁻¹)(g.cm ⁻³)	γ _a (%sol)	W pF 2,5 (%sol)	W pF 4,2 (%sol)	0-20 μm (%sol)	
F	Sav arb	0-10	31,5	3,11	10,1	41	4	5,4	5,1	23	1,31	41,9	32,1	66	
		10-20	13,7	1,69	8,1	18	2	5,5	5,2	22	1,34	41,5	31	64	
		20-40	14,4	1,71	8,4	51	6	5,5	5,2	24	1,77	46,7	35,2	72	
		0-40				110	12								
		0-20				59									
	MaFi	0-10	19,7	2,33	8,5	20	3	6,4	5,9	18	0,99	41,4	30,4	74	
		10-20	16,9	1,89	9	17	2	6,3	5,9	18,3	1,02	41,2	33,7	75	
		20-40	13,7	1,68	8,2	28	6	5,9	5,3	16	1,04	42	35,7	76	
		0-40				65	11								
		0-20				37									
	Mami	0-10	19,4	2,53	7,7	20	3	4,9	4,6	16	1,02	37,4	29,2	75	
		10-20	17,4	2,18	8	18	2	4,9	4,7	16,5	1,06	32,2	32,2	75	
		20-40	15,2	1,89	8	28	4	5	4,8	17	0,93	32,6	32,6	76	
		0-40				66	9								
		0-20				38									
	Ca	0-20	25	2,69	9,7	50	5	5,2	4,7	18	1,00	37,9	31,9	67	

TABLEAU-VII
Caractéristiques physico-chimiques des vertisols
Analytical characteristics of vertisols

Sol	Culture	z	C	N	C/N	C	N	pH H ₂ O	pH KCl	CEC	γ_d	W pF 2,5	W pF 4,2	0-20 μ m
		(cm)	(mg.g ⁻¹ sol)			(t.ha ⁻¹)				(cmol.kg ⁻¹)	(g.cm ⁻³)	(%sol)	(%sol)	(%sol)
V	Sav arb	0-10	40,7	4,20	9,7	29	3	6,1	5,1	54,8	0,72	50,3	42,2	69
		10-20	25,7	2,84	9,1	27	3	6,2	5,1	58,5	1,04	55,7	49,8	73
		20-40	20,3	2,24	9,1	42	4	6,4	5,1	62	1,04	59,1	56,8	75
		0-40				98	10							
		0-20				56								
	PraFi	0-10	31,2	3,06	10,2	31	3	5,5	4,8	40	0,98	44,4	37,2	60
		10-20	18,4	2,12	8,7	19	2	5,9	5	40,5	1,01	46,3	38,2	65
		20-40	15,3	2,01	7,6	32	4	6,1	5,1	42	1,03	47,1	38,9	64
		0-40				82	9							
		0-20				50								
	Pm	0-10	25,5	2,02	12,6	32	3	6,4	5,2	43,5	1,24	46,8	44,8	67
		10-20	15,3	1,54	9,9	14	1	6,4	5,1	44,5	0,93	54,7	49,3	70
		20-40	12,8	1,35	9,5	26	3	6,2	4,9	45,5	1,01	59,8	55,5	69
		0-40				72	7							
		0-20				46								
	MaFi	0-10	11,8	1,68	7	12	2	6,2	5,1	39,5	0,99	46,2	34,9	63
		10-20	9,4	1,46	6,5	11	2	6,4	5,2	44	1,18	51,6	39,7	67
		20-40	8,3	1,55	5,4	16	3	6,1	4,9	45,5	0,99	55,3	45,1	71
		0-40				39	7							
		0-20				23								
Mami	0-10	19	2,16	8,8	18	2	7	5,6	43	0,95		33,5	68	
	10-20	17,7	1,97	9	18	2	6,9	5,6	44,5	1,04		38,4	71	
	20-40	15,6	1,75	8,9	31	4	7	5,6	43,5	1,02		38,5	72	
	0-40				67	8								
	0-20				36									
Mafi	0-10	20	2,2	9,1	20	2	6,9	5,9		0,099				
	10-20	21,2	2,73	7,8	15	2	6,3	5,9	39	0,71	44,1	33,5	68	
	20-40	19,5	2,39	8,2	40	5	6,9	5,9	39,5	1,03	42,2	34,5	67	
	0-40				75	9								
	0-20				35									

qui a été choisie dans l'optique du développement du périmètre irrigué du sud-est de la Martinique paraît-elle judicieuse en ce qui concerne le maintien des propriétés des sols,

• de manière générale, pour les sols argileux des Antilles volcaniques, et sur la base de nombreux résultats non rapportés ici concernant leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, des

teneurs d'environ 15 mgC/g sol (0-20 cm), ou des stocks de 30 tC/ha (0-20 cm), apparaissent comme des « valeurs-seuil » (minimum) à maintenir en vue d'une gestion conservatoire à long terme de ces sols fortement cultivés.

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 5 avril 1993.

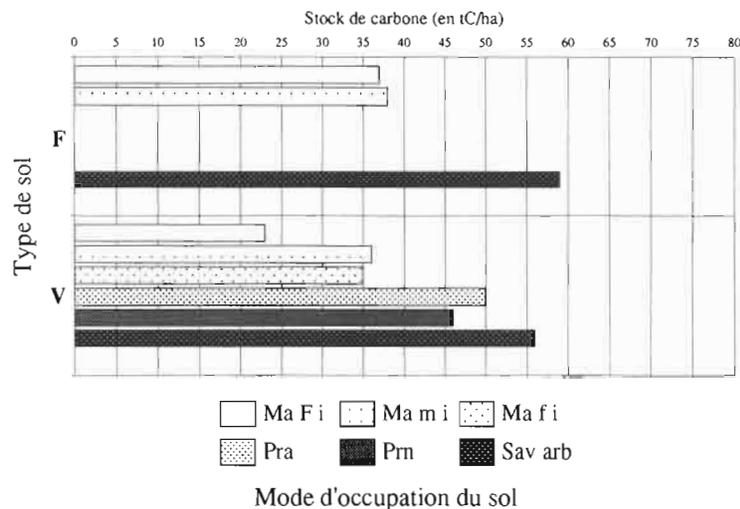


FIG. 5 – Stocks organiques des sols du centre et du sud de la Martinique sous cultures maraîchères et prairiales.
Organic stocks of soils under market gardening and pastures in the Middle and South Martinique.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEJUWON (J.O.) et EKANADE (O.), 1988. – A comparison of soil properties under different land use types in a part Nigerian cocoa belt. *Catena*, 15 : 319-331.
- AGBOOLA (A.D.), 1974. – Problems of improving soil fertility by use of green manuring in the tropical farming system. *FAO Soils Bulletin* n°27 : 147-1663.
- ALBRECHT (A.), RANGON (L.) et BARRET (P.), 1992. – Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique). *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVII, n° 1 : 121-133.
- BARRET (P.), CADET (A.), FELLER (C.), ALBRECHT (A.), 1991. – Le remodelage des terres à la Martinique. 2. Variabilité intraparcellaire du remodelage en relation avec la productivité végétale. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 2 : 105-113.
- BOISSEZON (P. de), 1973. – « Les matières organiques des sols tropicaux ». In *Les sols ferrallitiques n° IV*, Paris, Orstom, I.T.D., n°21 : 9-66.
- BOUDOT (J.P.), BEL HADJ (B.A.), CHONÉ (Th.), 1986. – Carbon mineralization in andosols and aluminium-rich highlands soils. *Soil Biol. Biochem.*, 18 : 457-461.
- BROADBENT (P.E.), JACKMAN (R.M.), MCGNICOLL (J.), 1979. – Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand allophanic soils. *Soil Sci.*, 98 : 118-128.
- CEE-Orstom, 1988. – Rapp. Conv. CEE-Orstom n° TSDA-0178F « Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes. Effet des restitutions organiques », mars 1988. *Rapp. multigr.* Orstom, Martinique.
- CERRI (C.C.), FELLER (C.), CHAUVEL (A.), 1991. – Evolução das principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por 12 e 50 anos com cana-de-açúcar. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 1 : 37-50.
- CHARREAU (C.), 1974. – Organic matter and biochemical properties of soils in the dry tropical zone of West Africa. *FAO Soils Bulletin*, n°27 : 313-335.
- CHEVIGNARD (T.), FELLER (C.), ANDREUX (F.), QUANTIN (P.), 1987. – Le « remodelage » des terres en Martinique. Modifications des propriétés de « ferrisols » et d'andosols cultivés en canne à sucre. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 4 : 223-236.
- COINTEPAS (J.P.), MAKILO (R.), 1982. – Bilan de l'évolution des sols sous culture intensive dans une station expérimentale en milieu tropical humide. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XIX, n° 3 : 271-282.
- COLMET-DAAGE (F.), LAGACHE (P.), 1965. – Caractérisation de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. III, n° 2 : 91-121.
- COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (M.), KIMPE (C.), FUSIL (G.), 1972. – Dispersion et étude des fractions fines de sols à allophanes des Antilles et d'Amérique latine. 1^{re} partie : la dispersion. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. X, n° 2 : 169-191.
- COMBEAU (A.), QUANTIN (P.), 1964. – Observation sur les relations entre stabilité structurale et matière organique dans quelques sols d'Afrique centrale. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XI, n° 1 : 3-11.
- EGASHIRA (K.), SOMA (K.), HAEDA (T.) 1986. – Natural water content as a useful index for predicting physical proper-

- ties of andosols in Japan. *Soil Sci. Pl. Nutr.*, 32 (1) : 141-144.
- EGOUMENIDES (CH.), OLIVER (R.), MARGER (J.L.), 1985. – « Effets de l'azote et du fumier sur "terres de barre" (Sud-Bénin) », in *ATP Dynamique des cations. Bilan des travaux 1984*. Montpellier, Cirad, *rapp. multigr.*
- FAUCK (R.), MOUREAUX (Cl.), THOMANN (Ch.), 1969. – Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après 15 années de cultures continues. *L'Agron. Trop.*, 24 (3) : 263-301.
- FELLER (C.), MILLEVILLE (P.), 1977. – Évolution des sols sous défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). 1^{re} partie. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XII, n° 3 : 199-211.
- FELLER (C.), PLENECASSAGNE (A.), ETIFIER-CHALONO (E.), 1984. – Gestion des sols et leur perception dans le petit paysannat antillais. ATP « Jardins créoles ». *Rapp. multigr.* Orstom Martinique. 18 p.
- FELLER (C.), BALESSENT (J.), CHEVIGNARD (T.), LACOEUILHE (J.J.), 1989. – Préparation d'échantillons de sols riches en ponces volcaniques en vue de l'étude de leur stock organique. Application à des sols cultivés en ananas (Martinique). *Fruits*, 44 : 385-391.
- FELLER (C.), FRITSCH (E.), POSS (R.), VALENTIN (C.), 1991. – Effets de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 1 : 25-36.
- FIELDES (M.), PERROT (K.W.), 1966. – The nature of allophane in soils. 3 - Rapid field and laboratory test for allaphane. *N.Z.J. Sciences*, 9 (3) : 623-629.
- GODEFROY (J.), 1974. – *Évolution de la matière organique du sol sous culture de bananier et de l'ananas. Relation avec la structure et la capacité d'échange cationique*. Thèse Doct. Ing., Univ. de Nancy I. 166 p. + annexes.
- GODEFROY (J.), 1982. – Aperçu des travaux effectués sur les sols cultivés en ananas par le laboratoire d'agro-pédologie de l'Irfa. *Fruits*, 37 (3) : 151-155.
- GODEFROY (J.), MARTIN (Ph.), 1969. – Évolution des éléments minéraux dans un essai de fumure minérale en bananeraie en basse Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 24 (9-10) : 425-435.
- GODEFROY (J.), TISSEAU (M.A.), LOSOIS (P.), 1972. – Évolution des propriétés agrochimiques d'un sol ferrallitique de basse Côte-d'Ivoire sous cultures d'ananas. Comparaison avec une jachère. *Fruits*, 27 (4) : 255-267.
- LEPRUN (J.C.), 1988. – Matière organique, et conservation des sols. Exemples brésiliens. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXIV, n° 4 : 333-334.
- MILLER (R.H.), NICHOLAIDES (J.J.), SANCHEZ (P.A.), BAND (D.E.), 1982. – Soil organic matter consideration in agricultural systems of the humid tropics. *Proc. of the Colloquium on Soil Organic Matter Studies*. Cena/USP - Promocet, Piracicaba, Brésil : 105-110.
- MOREAU (R.), 1983. – Évolution des sols sous différents modes de mise en culture en Côte-d'Ivoire forestière et préforestière. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XX, n° 4 : 311-325.
- PELLOUX (P.), DABIN (B.), FILLMAN (G.), GOMEZ (P.), 1971. – *Méthodes de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange des sols*. Orstom, Paris, I.D.T. n° 17, 17 p.
- PICHOT (J.), ALZAHAWÉ (F.), CHABLIÉ (P.F.), 1977. – Évolution d'un sol ferrallitique de Côte-d'Ivoire après mise en culture. *Proc. Symp. on Soil Organic Matter Studies*, Vol I, IAEA - FAO, Vienne : 83-96.
- ROOSE (E.), 1981. – *Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale*. Paris, Orstom, Travaux et Documents n°130, 596 p.
- ROOSE (E.), CHEROUX (M.), 1966. – Les sols du bassin sédimentaire de Côte-d'Ivoire. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. IV, n° 2 : 123-152.
- SANCHEZ (P.A.), MILLER (R.H.), 1986. – Organic matter and soil fertility management in acid soils of the tropics. *Hambourg, Proc. 13th Cong. A.I.S.S.*, vol. VI : 609-652.
- SEDOGO (M.P.), PICHOT (J.), POULAIN (J.P.), 1979. – Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. Incidences des successions culturales. *Rapp. multigr.* Irat - Haute Volta, 28p.
- SIBAND (P.), 1974. – Évolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *L'Agron. Trop.*, 29 (12) : 1228-1248.
- TYBURN (P.), 1985. – Effet de l'intensification en cultures maraîchères et prairiales sur les propriétés des vertisols et ferrisols de la Martinique. Rapport de Stage Istom-Le Havre. *Rapp. multigr.* Irat-Orstom Martinique.
- WADA (K.), INUOE (K.), 1967. – Retention of humic substances derived from rotted clover leaves in soils containing montmorillonite and allophane. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 13 : 9-16.
- SSC-Orstom, s.d – Méthodes d'analyses utilisées au laboratoire de physique des sols, SSC-Bondy. *Rapp. multigr.*, 30p.