

Evolution des sols sous culture irriguée de la canne à sucre dans la région de Banfora (Haute-Volta) (1)

Noumbié SOURABIÉ
Stagiaire pédologue ORSTOM
S.S.C., 70-74 route d'Aulnay
93140 Bondy

Résumé

L'introduction de la culture industrielle de la canne à sucre en Afrique Occidentale est relativement récente. A Bérégaougou, village situé à une quinzaine de kilomètres au nord de Banfora, cette culture est pratiquée depuis seulement 1972. On étudie l'influence du défrichement et de 1, 2, 3, 4 et 5 années de culture continue avec apports organiques (feuilles de canne et racines mortes), amendements minéraux et irrigation, sur l'évolution des principaux caractères morphologiques et physico-chimiques des sols ferrugineux tropicaux et des sols peu évolués.

La mise en culture de ces sols engendre des modifications morphologiques dans les horizons de surface. Elle induit aussi, dès les premières années, une diminution du stock organique qui s'accompagne d'une baisse de la capacité d'échange et de la stabilité structurale. Par contre, les années suivantes, on assiste à un relèvement progressif des taux de ces différents paramètres dans les sols peu évolués mais dans les sols ferrugineux tropicaux la structure des horizons de surface continue de se dégrader malgré les apports annuels importants de matière organique fraîche.

Toutes les variations quantitatives et qualitatives de ces paramètres sont mises en évidence par les observations de terrain et par l'analyse multivariante et des corrélations statistiques des données de laboratoire.

Mots-clés : Canne à sucre - Culture - Evolution des sols - Sols ferrugineux tropicaux - Matière organique - Fractions humiques - Fertilisation.

Summary

EVOLUTION OF THE SOILS PLANTED WITH SUGAR CANE UNDER IRRIGATION IN THE REGION OF BANFORA (UPPER VOLTA)

The introduction of industrial cultivation of sugar cane in West Africa is relatively recent. It is only since 1972 that those kind of cultivation is practiced in Bérégaougou a village situated some fifteen kilometers to the north part of Banfora.

The influence of the clearing and 1, 2, 3, 4 and 5 years of continuous cultivation as well as of the organic deposits (dry sugar cane leaves and roots), mineral improvements and irrigation on the main morphological, physical and chemical characteristics of tropical ferruginous soils as well as the less developed soils, are studied.

Cultivation of these soils implicates morphological modification on the surface of horizons. It also induces a reduction of the organic stock during the very first years together with the diminution of exchange capacity and of the structural stability. But during the following years, one notices a progressive increase in the rate of these different parameters in the less developed soils and in the tropical ferruginous ones the structure of the surface horizon keeps eroding in spite of the important yearly addition of new organic matter.

All the quantitative and qualitative variations of these parameters are demonstrated by the multivariate analysis and by the statistical correlations of laboratory data.

Key words : Sugar cane - Cultivation - Soil evolution - Tropical ferruginous soils - Organic Matter - Humic fractionation - Fertilisation.

(1) Cet article est tiré de la thèse de N. SOURABIE (1979) intitulée : « Influence de la culture de la canne à sucre sur les sols de Bérégaougou (Haute-Volta) (cas particulier des facteurs de fertilité liés à la matière organique) ».

INTRODUCTION

Sous climat tropical, le maintien de la fertilité (physique et chimique) des sols sous culture est difficile.

Dans le système de cultures traditionnelles, SIBAND (1974) a montré qu'en CASAMANCE (Sénégal) dès leur ouverture (déforestation), les sols évoluent très rapidement par suite de la rupture des apports de matière organique : cette dégradation s'atténue les années suivantes et tend vers un nouvel équilibre généralement long à atteindre.

Dans les systèmes de cultures utilisant des techniques agricoles modernes, un palier peut être atteint en moins d'une décennie si des engrais organiques et minéraux sont apportés aux sols comme l'ont montré les travaux de FAUCK *et al.* (1969). Dans tous les cas, il est apparu que le potentiel de fertilité baisse dès les premières années de mise en culture. La principale difficulté réside en la conservation de la fertilité physique et des travaux récents, GLENN (1978) ont montré qu'un nombre répété de labours, cas des cultures annuelles notamment, a une action défavorable sur cette dernière. Dans le cas d'une culture pérenne (canne à sucre), où sont réunies toutes les techniques modernes (apports d'engrais minéraux, de matières organiques, irrigation... etc.) et où le nombre de labours est minimum, un tous les trois ou quatre ans, il nous a paru intéressant d'entreprendre une étude comparée de l'évolution de la fertilité de deux types de sols : ferrugineux tropicaux lessivés et appauvris au départ, et sols peu évolués remaniés en surface et intergrades vers les sols ferrugineux tropicaux.

C'est par l'examen de plusieurs paramètres édaphiques, différentes formes de la matière humique, éléments fertilisants et éléments du cycle biogéochimique, qu'une première explication a pu être faite du comportement de ces sols soumis à la culture de la canne à sucre durant une période relativement courte (5 années). Il serait tout aussi intéressant d'y adjoindre une étude de l'évolution des rendements, aspect qui n'a pu être considéré dans ce travail.

1. LE MILIEU CULTURAL

Le périmètre sucrier de Banfora a été délimité sur l'espace compris entre la ville de Banfora au sud, la falaise gréseuse portant le même nom à l'Ouest et au Nord, une colline de formations birrimiennes schisteuses affleurantes à l'Est.

Il couvre environ 10 000 ha et est occupé dans sa partie centrale par des sols minéraux bruts impropres à

la culture de la canne à sucre. Des études pédologiques effectuées par MOREAU (1967) ont permis de délimiter les surfaces de sols plus ou moins aptes à cette culture. Une carte pédologique à 1/50.000^e dressée par cet auteur a constitué un document de base à nos travaux.

Le climat de la région est de type soudano-guinéen, caractérisé par deux saisons, l'une sèche et l'autre humide, bien tranchées. La saison des pluies, dont l'essentiel tombe en août, s'étale entre mai et octobre. Les totaux pluviométriques annuels de 1971 à 1976 ont été respectivement de 1 322, 985, 710, 1 173, 908 et 972 mm. La région est ensoleillée toute l'année, ce qui est très propice à la maturation de la canne à sucre.

Du point de vue géologique, comme l'ont montré les travaux de JONQUET *et al.* (1964), MARCELIN *et al.* (1971), c'est dans cette région que s'établit le contact entre la Série transgressive de grès subhorizontaux (couverture primaire) au Nord et le socle précambrien au Sud avec ses formations birrimiennes et des granites s'alternant d'Ouest en Est :

- Massif de Korhogo.
- Série du Haut Bandama.
- Massif de Ferkessedougou.
- Série du Haut N'zi.
- Massif de Dabakala.

Les deux séries (distinguées par ARNOULD (1961) correspondent en fait à une même série séparée par le Massif de Ferkessedougou que MARCELIN (1971) a appelée Série de Tiefora.

Le modelé est une pénéplaine faiblement ondulée, finissant dans sa partie sud par des basses plaines inondables qui y constituent de vastes rizières. Dans ses parties ouest et nord elle est dominée par la falaise gréseuse de Banfora qui se dresse comme une muraille et dont l'escarpement entre le sommet et la pénéplaine dépasse cent mètres à certains endroits. Deux cours d'eau, le Béréga et le Yannon traversent le périmètre sucrier du nord au sud où les basses plaines forment une zone de convergence des eaux.

La végétation naturelle était jadis une savane arbusive caractérisée par la présence de quelques grands arbres le Karité (*Butyrospermum parkii*) et le Néré (*Parkia biglobosa*). Cette dernière a été détruite avec le développement des cultures traditionnelles (sorgho, maïs, arachide... etc.), exceptées les espèces d'arbres énumérées ci-dessus qui ont été conservées à cause de leur utilité. De magnifiques plantations de palmiers, rôniers (*Borassus flabellifer*) s'étaient par contre développés car elles ne gênaient pas les cultures traditionnelles. Avec la pratique de jachères plus ou moins longues, une savane herbacée dominée par de hautes graminées des genres *Andropogon*, *Pennisetum*, *Loudetia*... etc.,

TABLEAU I
Les profils de sol étudiés, matériaux pédologiques et épaisseur de l'horizon cultural.

SOLS	Désignation de la parcelle	Matériaux	N° d'identification du profil	Épaisseur de l'horizon humifère (témoin) ou de l'horizon AP (Parcelles cultivées)		
Peu évolués	Jachère ancienne (LE)	Gravelo-gravillonnaire et à recouvrements sableux	ALE 011	0 - 20 cm		
	Cultivée 4 ans (LE ₅) **	Gravelo-gravillonnaire et à recouvrements sableux	ALE 521	0 - 30 cm		
			* ALE 522	0 - 30 cm		
	Jachère ancienne (BO ₁)	Gravillons sur altérations de grès et affleurements	ABW 031	0 - 10 cm		
					Cultivée 1 an (BO ₅) **	Gravillons sur altérations de grès et affleurements
			* ABW 542	0 - 40 cm		
Cultivée 1 an (LE ₁₈) **			Gravillons sur altérations de granodiorites	ALE 151	0 - 15 cm	
	* ALE 152	0 - 30 cm				
ferrugineux	Jachère récente (YO)	Argilo-sableux	BYW 061	0 - 20 cm		
	Cultivée 2 ans (YE ₁₄) **	Argilo-sableux	BYE 171	0 - 60 cm		
			* BYE 172	0 - 60 cm		
	Cultivée 4 ans (NS ₂) **	Argilo-sableux	BNS 281	0 - 40 cm		
			* BNS 282	0 - 50 cm		
	Cultivée 3 ans (NS ₂₃) **	Argilo-gravillonnaires et recouvrements sablo-argileux	BNS 291	0 - 20 cm		
* BNS 292			0 - 40 cm			
tropicals	Jachère ancienne (JBK ₁)	Argilo-sableux	CJB 010	0 - 20 cm		
	Cultivée 5 ans (JBK ₄) **	Argilo-sableux	CJB 111	0 - 30 cm		
			* CJB 112	0 - 30 cm		
	Jachère ancienne (BO ₁)	Argilo-sableux	CBW 013	0 - 15 cm		
	Cultivée 3 ans (BO ₁) **	Argilo-sableux	CBW 114	0 - 40 cm		
* CBW 115			0 - 50 cm			

* profils agropédiques (échantillons composites)

** N° de parcelles SO, SU, HV. (Société Sucrière de Haute-Volta)

s'était progressivement mise en place. Avec l'introduction de la culture de la canne à sucre, c'est toute cette végétation qui disparaît (abattage des arbres au bulldozer, préparation du sol entièrement mécanisée).

Lors de cette préparation du sol, on apporte une fumure de fond 300 kg/ha de super phosphate triple puis 100 kg/ha après la plantation de canne, 700 kg/ha de sulfate d'ammoniaque et 80 à 100 kg/ha de K₂O. Les années suivantes une fumure d'entretien est apportée après chaque coupe et les feuilles de canne sont laissées à la surface du sol après la récolte qui est faite manuellement.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE D'ÉTUDE (1)

Treize profils pédologiques ont été étudiés, huit en sols ferrugineux tropicaux et cinq en sols peu évolués (tabl. I), certains étant localisés dans des jachères plus ou moins anciennes (profils témoins) et d'autres en parcelles cultivées de 1, 2, 3, 4 et 5 ans. Dans chacune de ces parcelles cultivées, au nombre de 9, huit à dix profils « agropédiques » (2) ont été observés et les prélèvements de sol effectués à 0 - 20 et 20 - 40 cm ont permis de constituer deux échantillons composites par parcelle. Quant aux profils pédologiques, des prélève-

(1) Pour la description détaillée des profils de sol et des méthodes d'analyse se reporter à SOURABIE (1979).

(2) Terme employé pour désigner des profils pédologiques peu profonds, permettant d'observer l'horizon cultural et d'y effectuer des prélèvements d'échantillons de sol.

ments de sol ont été effectués à différentes profondeurs, chaque prélèvement constituant un échantillon simple.

Développés sur des matériaux argilo-sableux polyphasés d'origine colluviale essentiellement, les sols ferrugineux tropicaux sont les plus importants par la surface qu'ils couvrent à l'est et au centre-ouest du périmètre sucrier. Ces sols sont lessivés et appauvris en surface, caractérisés par la présence de taches et concrétions plus ou moins indurées à moyenne profondeur et par la présence éventuelle d'un horizon gravillonnaire à un niveau variable d'un profil à l'autre.

Les sols peu évolués sont développés sur des matériaux gravellogravillonnaires et présentent sur pente faible (moins de 5 %) ou en sommet de pente un profil de type AC, caractérisé par un horizon humifère peu épais (0 - 15 cm). En bas de pente ces sols ont été remaniés par des apports de plus en plus sableux et leur profil présente un faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

Les analyses courantes (granulométrie, carbone total, azote total, pH, phosphore total et phosphore assimilable, fer total et fer libre, bases totales et bases échangeables, capacité d'échange, stabilité de la structure pF 2,5 et pF 4,2) ont porté sur chaque échantillon.

Une étude qualitative de la matière organique a été réalisée sur les échantillons composites (0 - 20 et 20 - 40 cm) uniquement, ceux des horizons inférieurs ayant des taux de carbone total trop bas (moins de 2 %) n'ont pu l'être.

L'ensemble de ces analyses a permis de déterminer au total 81 paramètres physiques, chimiques et biochimiques (matière organique) dont 50 ont été soumis au test de calculs statistiques de corrélation des rangs de Spearman (1904). Les résultats de ce test figurent au **tableau IV. L'inexistence de parcelles cultivées d'une année** (sols ferrugineux tropicaux) et de deux, trois et cinq années (sols peu évolués) à la date de prélèvement des échantillons (octobre 1977), le fait que des différences originelles entre profils peuvent être plus importantes que les variations à mettre en évidence, ont conduit à procéder à des comparaisons par couple de profils (Témoins-cultivé) souvent localisés à proximité l'un de l'autre. Ainsi à chaque fois qu'étaient étudiés les effets du facteur durée de culture sur les variations quantitatives et qualitatives des caractères de sol considérés, les profils de sols ferrugineux tropicaux — CJBO10 (témoin), BYE171 (parcelle cultivée 2 ans), CBW 114 (3 ans), BNS281 (4 ans) et CJB111 (5 ans) — et de sols peu évolués — ABW031 (témoin), ABW541 (1 an) et ALE 521 (4 ans) — ont toujours été comparés dans chacune des catégories.

3. ÉVOLUTION DE QUELQUES CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

A la suite du défrichement mécanique et de la préparation du sol pour la plantation de la canne, les horizons de surface de ce dernier s'en trouvent morphologiquement modifiés. On crée un horizon cultural (horizon A_p) d'épaisseur variable selon la résistance qu'oppose le matériau pédologique à la pénétration de la dent du Ripper. C'est dans cet horizon que se cantonnent les nombreuses racines (fines et moyennes) de canne qui y constituent un dense chevelu. La couleur de cet horizon s'éclaircit au cours de la première année de mise en culture, en liaison avec la baisse du taux de matières organiques, puis s'assombrit les années suivantes avec l'augmentation du stock organique due essentiellement aux apports de matières organiques fraîches par les racines et les feuilles de canne.

Dans les sols ferrugineux tropicaux, cet horizon cultural, ameubli par le travail du sol, a une épaisseur qui varie avec l'importance du recouvrement sableux (tableau I). Cette dernière correspond approximativement à celle des horizons humifères réunis (horizon humifère et horizon de pénétration humifère) observables sous jachères anciennes. Cet horizon, généralement brun sombre (5 YR 3,5/4 humide) contraste avec celui sous-jacent de structure massive et cohérente et de couleur jaune rouille, à taches ou concrétions plus ou moins indurées.

Dans les sols peu évolués, la présence d'un horizon gravillonnaire dès la surface fait que l'épaisseur de l'horizon cultural est dans l'ensemble moins grande que celle observée dans les ferrugineux tropicaux. Quand il y a un recouvrement sableux, cette épaisseur peut atteindre 40 cm (profil ABW 541). L'horizon humifère est de couleur plus sombre que l'horizon sous-jacent gravillonnaire, lequel repose sur un autre qui est généralement argileux, de couleur jaunâtre.

4. ÉVOLUTION DES PRINCIPAUX CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les principales données de laboratoire sont regroupées dans les annexes I(a), I(b), et II.

4.1. LES CARACTÈRES PHYSIQUES

4.1.1. Les sols ferrugineux tropicaux

La mise en culture de ces sols a induit une baisse du taux des éléments fins (argiles + limon fin) de l'horizon

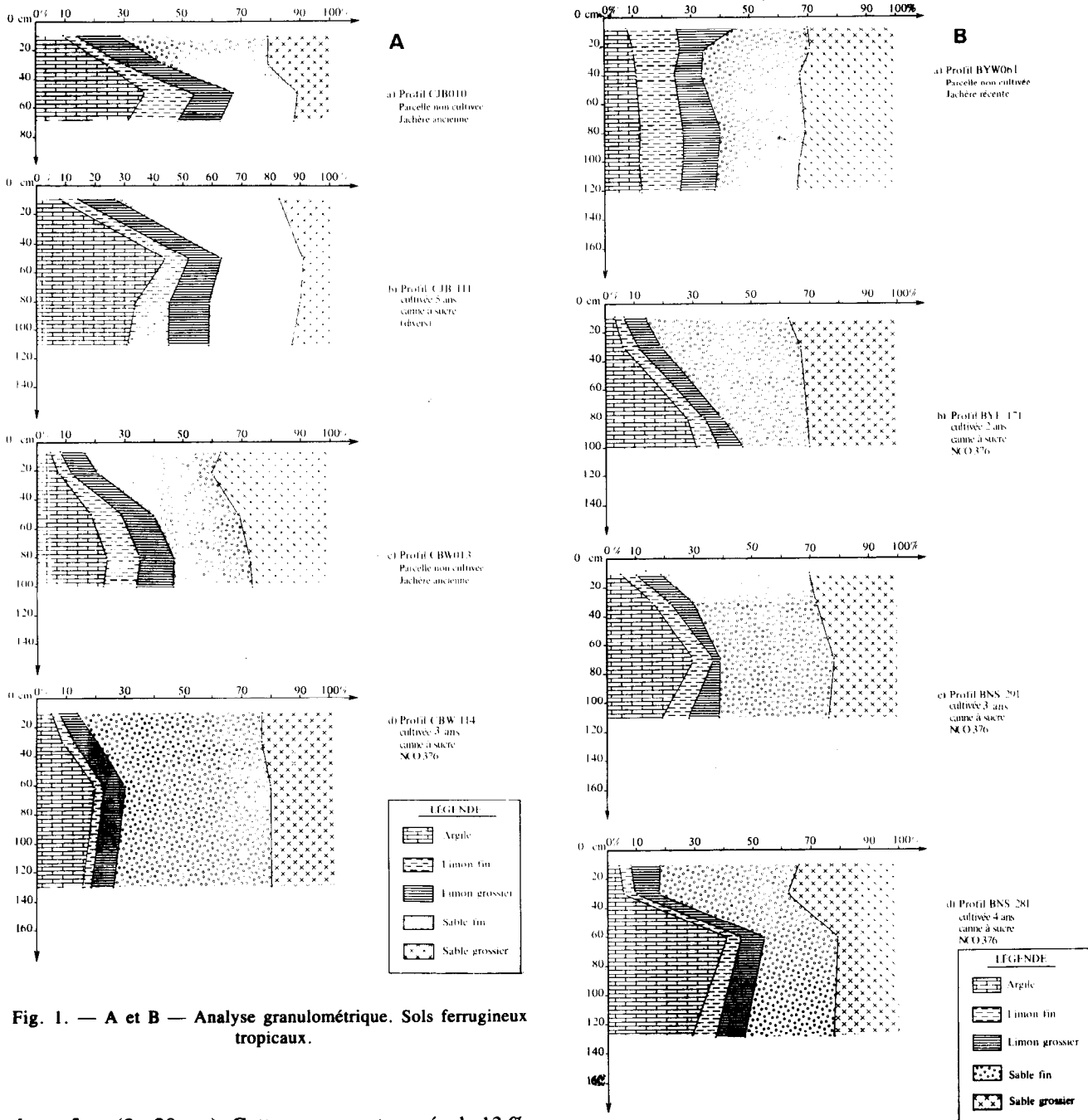


Fig. 1. — A et B — Analyse granulométrique. Sols ferrugineux tropicaux.

de surface (0 - 20 cm). Cette somme est passée de 13 % sous jachère ancienne (CJB010) à 6, 7, 8 % respectivement après la deuxième (BYE 171), la troisième (CBW114), et la quatrième (BNS 281) année de culture puis à 13 % (CJB111) après 5 ans, (tableau II). Quant aux éléments sable fin et sable grossier, on observe globalement une augmentation des premiers et une certaine baisse corrélative des seconds : fig. 1(a), a et b, c et d et fig. 1(b) a, b, c et d (même si des différences

stationnelles masquent parfois cette évolution dans les analyses.)

Des corrélations positives très significatives existent entre l'argile et le fer total ($r = 0,79$) et le fer libre ($r = 0,78$). (r est le coefficient de corrélation de rangs de SPEARMAN (1904) calculé au risque de 1 %).

TABLEAU II

Variation des taux exprimés en pourcentage, des éléments granulométriques avec la profondeur et avec la durée de culture de la canne à sucre (profils de sols ferrugineux tropicaux)

Parcelle	Témoin				Cultivée 2 ans				Cultivée 3 ans				Cultivée 4 ans				Cultivée 5 ans			
Profil	CJB010				BYE171				CBW114				BNS281				CJB111			
Profondeur	0	20	40	60	0	20	70	90	0	20	50	120	0	20	50	120	0	40	70	100
	20	40	60	80	20	40	90	110	20	40	70	140	20	40	70	140	20	60	90	120
Argile	9.4	24.0	37.2	31.0	2.9	5.7	27.5	30.8	4.6	9.1	20.1	15.9	4	5.5	40.8	28.9	7.1	43.6	34	31
Limon fin	4.0	6.2	16.7	17.0	3.4	5.0	6.5	7.8	2.5	3.4	2.6	2.6	4.2	4.1	4.7	8.6	5.9	8	11.3	13.8
Argile + limon fin	13.4	30.2	53.9	48.0	6.3	10.7	34.0	38.6	7.1	12.5	22.7	18.5	8.2	9.6	45.5	37.3	13.0	51.6	45.7	44.8
Limon grossier	14.2	13.4	13.1	14.9	7.1	8.5	6.1	8.4	6.7	7.9	6.7	7.4	10.0	8.5	8.5	9.3	12.7	10.9	13.7	14.0
Sable fin	51.1	35.8	22.1	24.6	50.0	47.4	29.0	22.8	62.7	56.5	50.4	54.0	47.5	44.2	24.5	30.9	57.6	27.6	30.4	27.6
Sable grossier	20.0	19.0	8.9	10.7	36.3	33.0	29.7	28.8	23.0	22.5	19.3	19.5	33.7	37.2	19.5	20.9	16.0	7.7	8.6	11.9

Par ailleurs, le taux de fer total et celui de sable grossier varient dans le même sens alors que celui de sable fin évolue en sens inverse (tabl. III). Il existe une corrélation négative significative entre fer total et sable fin, d'une part, et entre fer libre et sable fin d'autre part. La diminution du fer par lessivage entraîne l'augmentation du sable fin.

TABLEAU III

Variations des taux de fer total (% de Fe_2O_3) et des éléments granulométriques sable fin et sable grossier (exprimés en %), dans deux couples de profils de sols ferrugineux tropicaux (horizon de surface).

Parcelle	Témoin		Cultivée	
			5 ans	3 ans
Profil	CJB010	CJB111	CBW013	CBW114
Fer total	4,5	2,5	1	1
Sable grossier	20	16	37	23
Sable fin	51	58	46	63

Le rôle du fer et des composés organiques dans l'agrégation des particules minérales du sol et sa structure a été montré par de nombreux travaux dont ceux de

LOSSAINT (1959) et de GUCKERT (1973) qui ont établi, pour l'un, une corrélation hautement significative entre le taux de matières hydrosolubles et la quantité de fer solubilisé et précisé, pour l'autre, le rôle des composés organiques solubles dans les processus de complexation de cations lourds. Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'il existe effectivement une corrélation étroite entre les éléments argile, limon fin et limon grossier, et les teneurs absolues en composés fulviques issus de la décomposition de la matière organique (MO), (les acides fulviques libres (AFL), notamment), tableau IV. Ainsi dans ces sols ferrugineux tropicaux, la présence d'hydroxydes de fer et en particulier du fer libre en quantité appréciable, peut favoriser l'agrégation des particules de petite taille pour former des éléments grossiers (pseudo-particules), éléments observables à la loupe binoculaire.

La migration en profondeur des solutions du sol contenant les acides fulviques provoque une désaturation des horizons superficiels par entraînements des cations absorbés et aussi des hydroxydes de fer, ce qui diminue la stabilité des pseudo-particules et de certains agrégats, et favorise la migration de l'argile. La désagrégation des pseudo-particules entraîne alors une augmentation du taux de sable fin, l'humidité permanente créée par l'irrigation étant propice à une telle destruction. La somme (argile + limon fin) et le taux de fer total augmentent avec la profondeur (fig.2). La stabilité structurale a été estimée par l'indice d'instabi-

TABLEAU IV

Résultats du test statistique de corrélation des rangs de SPEARMAN, appliqué à 50 variables

	m = 52	v = 50
Argile		
+ + Limon fin		
- - Limon grossier		
- - N-Sable fin		
N N - N-Sable grossier		
N N N N - pH eau		
N N N N - pH KCl		
+ + N N N N - C total		
+ + N N N N - N total		
N N N N N N - C/N		
+ + N N N N - Ce ⁺ Ech.		
+ + N N N N - Mg ⁺ Ech.		
+ + N N N N - K ⁺ Ech.		
+ + N N N N - Na ⁺ Ech.		
+ + N N N N - Somme des bases éch. (S)		
+ + N N N N - Capacité d'Ech. (T)		
+ + N N N N - Taux de saturation (V)		
N N N N N N - Ca ⁺⁺ de Rés.		
N N N N N N - Mg de Rés.		
+ + N N N N - K ⁺ de Rés.		
+ + N N N N - Na ⁺ de Rés.		
+ + N N N N - Somme des bases de Rés.		
+ + N N N N - P2 O5 total		
+ + N N N N - P2 O5 assimilable		
+ + N N N N - Fe2 O3 total		
+ + N N N N - Fe2 O3 libre		
+ + N N N N - PF 4,2		
+ + N N N N - PF 2,5		
N N N N N N - MOL		
+ + N N N N - A P L		
+ + N N N N - A F P		
+ + N N N N - A F S		
+ + N N N N - A F P + A F S		
+ + N N N N - A F		
+ + N N N N - A F / C		
+ + N N N N - A F / MOH		
N N N N N N - A H P		
N N N N N N - A H S		
N N N N N N - A H T		
N N N N N N - M H T / C		
N N N N N N - M O H / C		
+ + N N N N - Carbone de l'Humine (CH)		
+ + N N N N - Azote de l'Humine (NH)		
+ + N N N N - CH / NH		
+ + N N N N - CH / C		
+ + N N N N - A F / C / M		
+ + N N N N - M H T / C H		
+ + N N N N - A F / M O H		
+ + N N N N - M H T / M O H		
+ + N N N N - M O H / C		

lité structurale de HENIN (HENIN *et al.* (1969) (1). Les résultats obtenus montrent que la stabilité structurale de ces sols (horizons de surface) diminue avec le temps de culture : la valeur de I_s (2) est passée de 1,1 (Témoin CJB010) à 2,6 (Témoin CJB111), parcelle cultivée 5 ans) et le taux d'agrégats stables à l'eau de 31,7 à 22,8 %.

4.1.2. Les sols peu évolués (Tabl. V)

Contrairement aux sols précédents, on observe dans les horizons superficiels de ces sols peu évolués, des taux de sables grossiers bien supérieurs à ceux de sable fin. Leur mise en culture ne semble pas avoir entraîné de variations importantes. La somme (argile + limon fin)

TABLEAU V

Variation des taux exprimés en pourcentage des éléments granulométriques avec la profondeur et avec la durée de culture de la canne à sucre (profils de sols peu évolués)

Parcelle	Témoin				Cultivée (1 an)				Cultivée (4 ans)			
Profil	ALE011				ABW541				ALE521			
Profondeur	0	30	60	100	0	20	50	100	0	40	70	140
	20	50	80	120	20	40	70	120	20	60	90	160
Argile	7.4	23.1	28.7	22.8	3.6	5.6	24.1	26.4	5.5	25.1	27.7	28.7
Limon fin	5.8	10.5	10.9	21.9	2.9	3.6	5.9	7.4	4.0	9.7	11.4	19.7
Argile + limon fin	13.2	33.6	39.6	44.7	6.5	9.2	30.0	33.8	9.5	34.8	39.1	48.4
Limon grossier	11.5	9.9	11.6	11.3	14.1	13.6	11.2	13.8	10.2	10.8	12.4	12.9
Sable fin	27.0	18.1	12.7	11.1	55.7	50.5	34.7	30.8	26.9	14.6	18.3	12.5
Sable grossier	47.1	37.1	34.5	30.6	23.4	26.3	23.1	20.5	52.1	38.1	28.3	24.7

de l'horizon de surface n'a presque pas varié (fig. 3) ainsi que le taux de limon grossier (fig. 4). Cette dernière figure (a et b) montre une augmentation du taux de sable grossier qui pourrait provenir d'une différence originelle (éléments quartzueux plus ou moins gros, anguleux, observés à la loupe binoculaire) entre les deux profils. Il semble cependant que cette différence provient du fait que le phénomène de désagrégation des pseudo-particules observé précédemment se manifeste très peu ou pas dans ces sols. Ces pseudo-particules contribuent alors à l'amélioration de leur structure. C'est ainsi que contrairement aux sols ferrugineux tropicaux, le % d'agrégats stables à l'eau a légèrement augmenté, passant de 58,5 % à 59,6 % (variation peu significative) profils ALE011 (témoin) et ALE521 (parcelle cultivée 4 ans) ; ceux du fer total et du fer libre passent respectivement de 1,6 à 5,2 et de 1,2 à 3,5. Les AFL sont quantitativement moins importants. L'indice d'instabilité structurale a diminué (fig. 3) d'où une augmentation de la stabilité de la structure.

4.2. LES CARACTÈRES CHIMIQUES (3)

Les principales données de laboratoire sont regroupées en annexes I(a), I(b) et II.

4.2.1. Les sols ferrugineux tropicaux

Pour ces sols neutres à faiblement acides (horizons de surface) sous jachères, la mise en culture a entraîné une baisse continue du pH qui passe de 7,1 (CJB010 témoin) à 4,8 (CJB111) après 5 années de culture (fig. 2). Dans les parcelles cultivées, le pH augmente corrélativement de haut en bas avec l'entraînement des bases échangeables. Ceci provoque la désaturation des horizons superficiels d'où une dégradation de leur structure. La capacité d'échange diminue également. Comme le montre le tableau IV, le pH est en corrélation significative avec plusieurs autres paramètres concernant les bases et le pourcentage d'humine.

Des éléments tels que le phosphore total et l'azote total varient très peu d'une parcelle à l'autre, leurs carences étant annuellement corrigées par des fumures

(1) Toutes les analyses physiques ont été réalisées dans les laboratoires de physique des sols (Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy) dirigés par Monsieur A. COMBEAU. Je tiens à remercier ce chercheur pour m'avoir permis d'avoir accès aux diverses installations et surtout pour les précieux conseils qu'il m'a donnés dans l'interprétation des résultats.

(2) Indice d'instabilité structurale. Quand I_s augmente, la stabilité structurale diminue et inversement quand il diminue, cette dernière augmente.

(3) Les analyses chimiques ont été réalisées dans les laboratoires de chimie des sols (Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy) dirigés par MM. DABIN et PELLOUX. Je tiens à remercier ces deux chercheurs pour leurs précieux conseils dans l'interprétation des résultats.

Profils : CJB010 (référence) [0-20 cm (référence) / 20-40 cm (référence)] BYE171 (2 ans) [0-20 cm (2 ans) / 20-40 cm (2 ans)] CBW114 (3 ans) [0-20 cm (3 ans) / 20-40 cm (3 ans)] BNS281 (4 ans) [0-20 cm (4 ans) / 20-40 cm (4 ans)] CJB111 (5 ans) [0-20 cm (5 ans) / 40-60 cm (5 ans)]

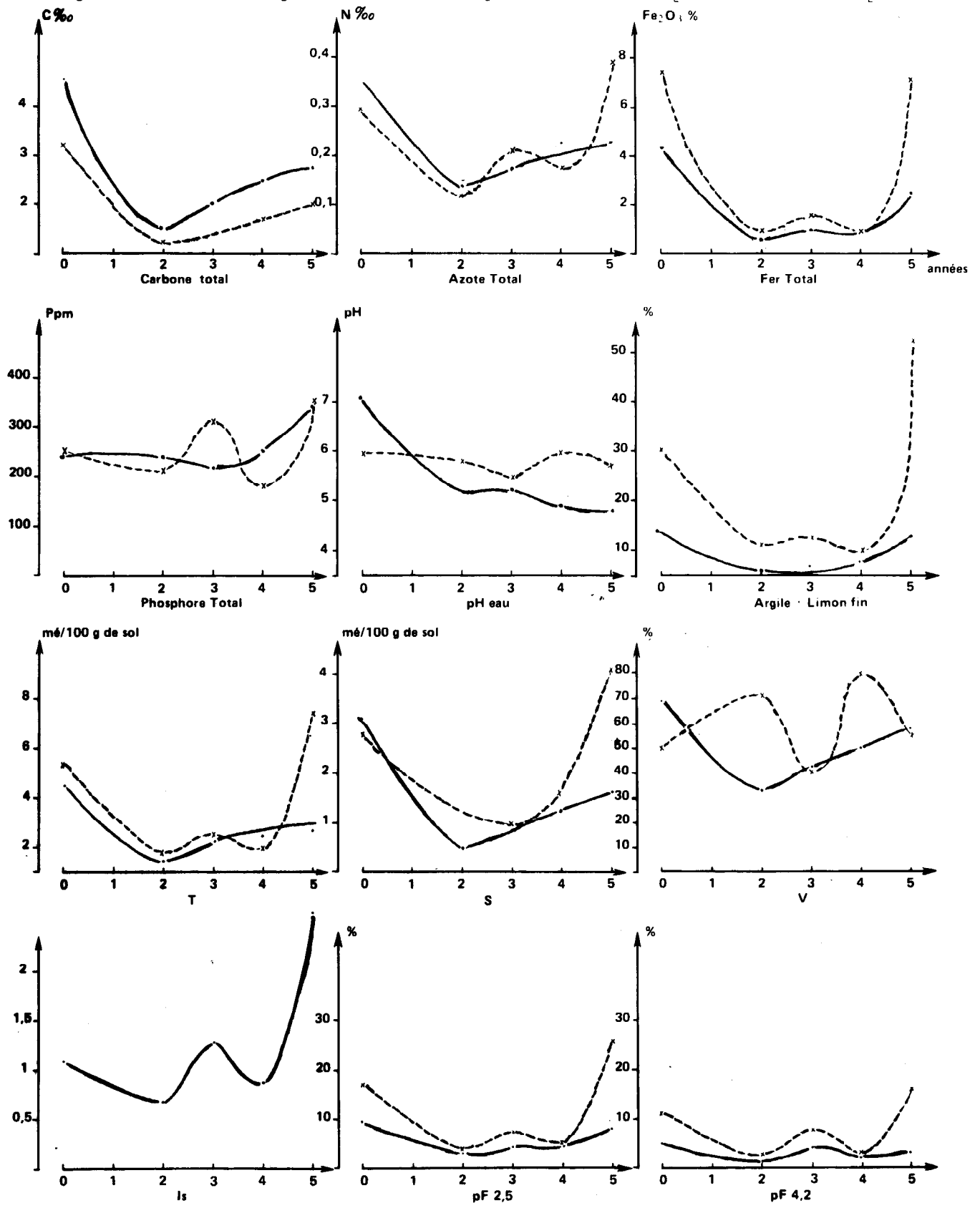


Fig. 2. — Évolution en fonction du temps, de quelques caractères physico-chimiques du sol. Culture continue de canne à sucre en sols ferrugineux tropicaux

Profils : ABW031 (référence) [0 - 10 cm (solid line), 10 - 30 cm (dashed line)]

ABW541 (1 an) [0 - 20 cm (solid line), 20 - 40 cm (dashed line)]

ALE521 (4 ans) [0 - 20 cm (solid line), 40 - 60 cm (dashed line)]

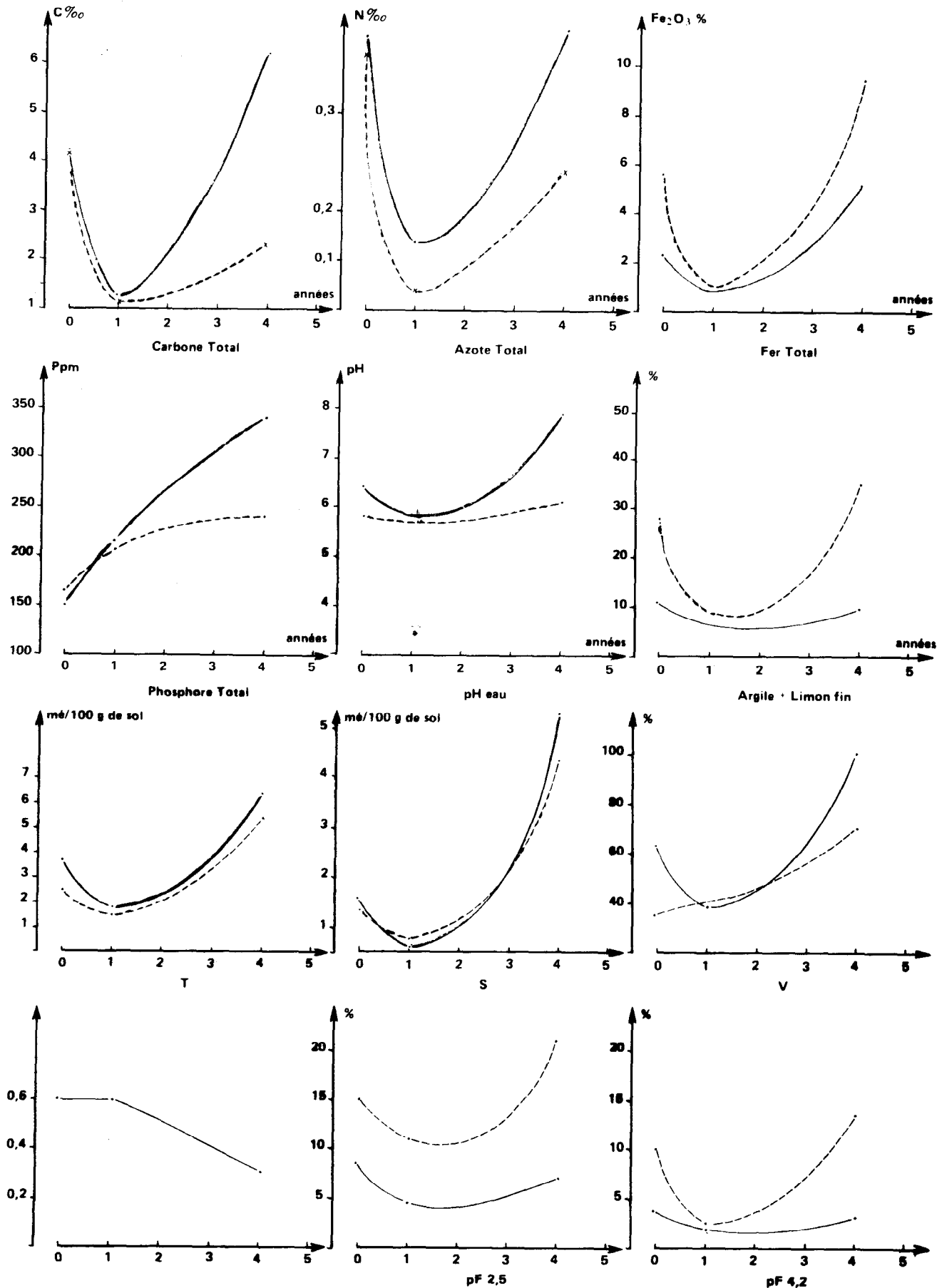


Fig. 3. — Évolution en fonction du temps, de quelques caractères physico-chimiques du sol. Culture continue de canne à sucre en sols peu évolués

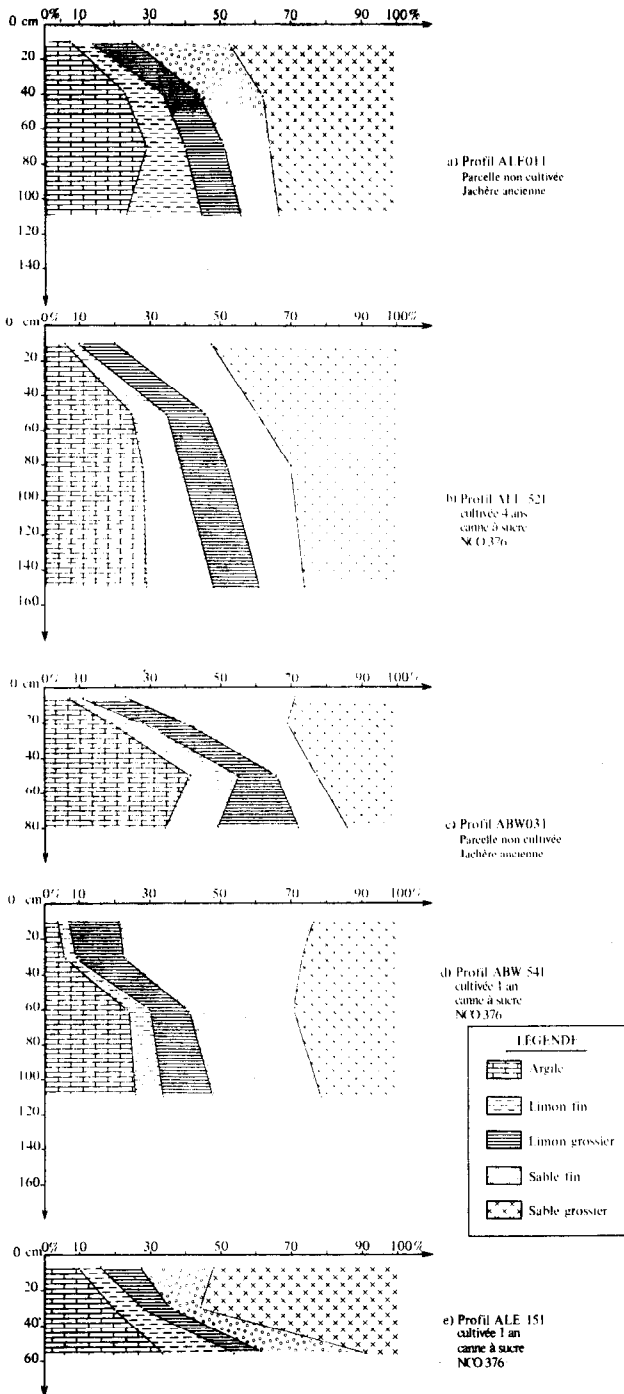


Fig. 4. — Analyse granulométrique. Sols peu évolués.

(1) tc : tonne de cannes

(2) Résidu sirupeux cristallisé de sucre

(3) la M.O. occupe une place centrale dans l'évolution des sols. Les résultats intéressants auxquels ont donné lieu cette étude détaillée font l'objet d'un article à paraître prochainement.

d'entretien (100 kg de P_2O_5 /ha, 150 kg d'azote/ha, BASSEREAU (1978). Cependant quand on compare les profils de parcelles cultivées à ceux des jachères on constate une augmentation nette du taux de phosphore assimilable (annexes I(a) et I(b) exceptés CJB010 (témoin) et (CJB111) (5 ans) où il est respectivement de 54 et de 11 ppm. D'une façon générale le phosphore n'est en corrélation significative qu'avec les variables liées à la matière organique (Tableau IV) en particulier les teneurs absolues en acides fulviques et humiques et le carbone total.

Les cations K^+ et Mg^{++} existent essentiellement sous la forme de cations de réserve et sont corrélés à la matière organique. Les rapports K^+ échangeable/ K^+ de réserve et Mg^{++} échangeable/ Mg^{++} de réserve (horizons de surface) sont inférieurs à 0,1 et 0,2 respectivement. La teneur en K^+ échangeable augmente avec la profondeur. En surface elle est parfois très faible mais n'atteint cependant pas le seuil absolu de 0,1 mé/100 mg de sol et moins de 2 % de la somme des bases échangeables en valeur relative DABIN (1970), en dessous duquel le sol présente une carence immédiate en cet élément.

D'après BASSEREAU (1978), les essais réalisés à Bérégadougou ont montré que la canne à sucre exporte jusqu'à 1,5 kg K_2O /tc (1). Il est connu que la canne à sucre peut présenter une consommation de luxe pour le potassium COLMET DAAGE *et al.* (1966), la potasse exportée se retrouvant en fortes quantités dans les jus. C'est pourquoi la mélasse (2) de canne qui renferme en moyenne 4 % de K_2O , BASSEREAU (1977) est réutilisée comme engrais en la dissolvant dans l'eau d'irrigation.

La matière organique (3) a fait l'objet d'une étude approfondie (étude quantitative et qualitative — fractionnement de la MO, fractionnement des composés humiques AHP et AHS, acides humiques extraits successivement par le pyrophosphate de soude 0,1 M et par la soude 0,1 N, et étude de l'humine —). La méthode appliquée est celle de DABIN (1971) actuellement utilisée dans les laboratoires de chimie des sols de Bondy.

Cette étude de l'évolution à court terme de la M.O. sous culture de la canne à sucre montre que la décomposition de cette dernière est quasi totale d'une année à l'autre sur l'ensemble des sols cultivés. Cependant se-

lon le type de sol, la transformation qualitative des fractions de la M.O. est différente.

Dans les sols ferrugineux tropicaux, la dynamique de la M.O. est déséquilibrée vers la formation de produits facilement biodégradables, molécules organiques de petite taille, les acides fulviques (AF), les AF libres (AFL) notamment, ces derniers se comportant en véritables agresseurs vis-à-vis des colloïdes du sol. Ils participent comme on l'a vu dans le chapitre précédent à la dégradation de la structure des horizons superficiels de ces sols.

Ces acides fulviques libres sont par ailleurs en corrélations positives avec des éléments de fertilité comme le phosphore assimilable ou le potassium échangeable.

L'irrigation maintenant une humidité permanente sous parcelles cultivées, la polycondensation des AH (acides humiques), n'y est pas favorisée, NIGUYEN KHA *et al.* (1970), les alternances saisonnières d'assèchement et de réhumectation n'existant plus. Des résultats semblables ont été obtenus par TURENNE (1976) qui a montré que le taux des AH polycondensés est toujours supérieur en sol non irrigué.

4.2.2. Les sols peu évolués

Après avoir faiblement baissé la première année, le pH de ces sols semble s'être relevé très rapidement pour passer de 5,8 (ABW541 cultivée 1 an) à 7,9 (ALE521 cultivée 4 ans) soit près de deux unités pH en 4 ans si l'on se réfère au témoin ABW031 (jachère ancienne) pour lequel le pH est de 6,4. Si nous tenons compte du fait que ces variations peuvent résulter de différences originelles, on remarquera cependant que la mise en culture de ces sols n'a pas engendré une baisse de pH comme cela a été observé dans les sols ferrugineux tropicaux. Sous parcelles cultivées recevant annuellement des fumures minérales (fumures d'entretien) et organique (feuilles mortes de canne), le pH est plus acide dans les horizons profonds que dans ceux de surface, contrairement aux sols précédents. Cela tient essentiellement au fait que, les horizons superficiels de ces sols, ne sont pas lessivés. Leur complexe absorbant est saturé ($V \approx 100\%$) ou désaturé (ABW031 et ABW541) profils de sol à faciès intergrade vers les sols ferrugineux tropicaux.

Dans ces sols comme dans les précédents la correction des carences nutritionnelles du sol par fertilisation fait que les teneurs de phosphore total exprimé en P_2O_5 , d'azote total et de potassium (K_2O), varient peu d'une parcelle cultivée à l'autre. Dans l'ensemble, les teneurs en phosphore total sont supérieures à 1/2 des teneurs en azote total dans les sols cultivés et celles du phosphore

assimilable sont supérieures à 1/20^e des teneurs en azote total. Néanmoins, ces valeurs sont supérieures à celles des sols ferrugineux tropicaux. Ces rapports sont corrects et montrent l'absence de carence immédiate en phosphore. La teneur en K^+ échangeable dans les horizons de surface est faible (0,06 mé/100 g de sol), mais représente plus de 2 % de la somme des bases échangeables, restant ainsi au-dessus du seuil critique. Les teneurs en K^+ de réserve doivent être relevées notamment dans les horizons de surface.

L'étude qualitative de la M.O. de ces sols révèle comme dans les sols précédents que la polycondensation des AH est moindre en parcelles cultivées et irriguées que sous jachères. Cependant, on y obtient quantitativement (% relatif de C total) plus de formes de composés humiques (AHS et AHP) et d'humine (H), les acides fulviques (AF), AFL notamment, étant quant à eux produits dans des proportions bien plus faibles. Il semble s'établir un certain équilibre dynamique de la M.O. en faveur des formes stables (AH et H).

5. CONCLUSIONS

Les modifications morphologiques les plus importantes induites par le défrichement et la mise en culture de ces sols portent d'abord sur la disposition spatiale des horizons de surface (création d'un horizon cultural) et sur leur couleur qui s'éclaircit dès les premières années et s'assombrit les années suivantes, corrélativement à la baisse puis à l'augmentation du taux de carbone organique total. L'épaisseur de cet horizon est en moyenne plus grande en sols ferrugineux tropicaux (sur matériaux argilo-sableux) qu'en sols peu évolués à horizon AC gravillonnaire remanié en surface mais peu ou pas épaissis par des apports sableux.

Les variations physico-chimiques à court terme (après cinq années de culture) portent principalement sur la structure du sol, le complexe absorbant et la matière organique.

Dans les sols ferrugineux tropicaux on assiste à une baisse de la teneur des bases échangeables et de la stabilité structurale des horizons de surface et corrélativement on y observe une acidification progressive.

La dynamique de la matière organique semble liée au passage d'une fraction des formes organiques les plus stables (acides humiques et Humine) vers les instables, composés organiques de petite taille (acides fulviques). Ces derniers de faibles poids moléculaire en complexant des cations lourds (fer et aluminium) et/ou des colloïdes minéraux du sol, migrent en profondeur et constituent ainsi de véritables agents destructeurs de la

structure des horizons de surface. L'irrigation par aspersion crée sous parcelles cultivées des conditions favorables à ce lessivage des horizons superficiels du sol. Les pseudo-particules ainsi que des agrégats sont détruits, engendrant une augmentation du taux de sable fin et une diminution de celui du sable grossier. Il apparaît ainsi que sous certaines conditions de culture DEKADJEVI (1974) et DABIN (1976), l'augmentation du taux des acides fulviques est indicatrice de l'appauvrissement du sol.

Les résultats d'électrophorèse sur papier réalisés sur les extraits pyrophosphate de soude 0,1 M, pH 9,8 (AHP) et soude 0,1 N, pH 12 (AHS) montrent que les AHG (acides humiques gris) sont plus polycondensés sous jachères que sous parcelles cultivées. Nous rejoignons là les conclusions de TURENNE qui a montré que le taux des acides humiques polycondensés est toujours supérieur en sol non irrigué, le maintien d'une humidité constante sous parcelles cultivées ne favorisant pas cette polycondensation. L'augmentation des acides fulviques par contre accroît la disponibilité des éléments fertilisants phosphore et potassium.

Les efforts de fertilisation (fumure d'entretien, apports de matière organique fraîche), permettent de maintenir la fertilité chimique de ces sols à un niveau satisfaisant. Les teneurs en phosphore total, phosphore assimilable, azote total, potassium échangeable, sont dans des rapports corrects et montrent l'absence de carence immédiate en ces éléments. Cependant, il convient de maintenir les réserves qui sont peu élevées, car les besoins de la canne sont importants. Il faudrait par ailleurs, pratiquer un labour profond tous les 4 ou 5 ans qui permettra de ramener en surface les éléments fins (argile notamment) ce qui évitera une trop grande dispersion de la matière organique et donc sa migration

en profondeur. On procédera en même temps à un chaulage pour relever le pH.

Les sols peu évolués ont un comportement inverse de celui des précédents. Leur pH a augmenté sensiblement, leur complexe absorbant s'est plus saturé (le taux de saturation atteint parfois 100 %). On assiste dans l'ensemble à l'amélioration de la structure du sol sous culture continue de la canne à sucre. L'indice d'instabilité de la structure est plus bas sous parcelles cultivées que sous jachères.

Les AF et AFL notamment, augmentent dans des proportions moins grandes que les AH, (AHS et AHP).

Ces sols ne présentent pas de carence immédiate en divers éléments de fertilité chimique néanmoins la mobilité des éléments est plus faible et les teneurs très basses. Comme dans les sols ferrugineux tropicaux, l'irrigation y maintient des conditions d'humidité défavorables à la polycondensation des acides humiques. Des efforts doivent donc être faits surtout pour éviter d'apporter de l'eau en excès.

La période que couvre ce travail étant trop courte (5 ans) et vu les imperfections de la méthode appliquée (nombre de profils et d'échantillons de sols limité) on ne peut pas tirer une conclusion définitive quant à l'évolution dans un sens ou l'autre de ces sols. Il permet cependant d'en fixer les grandes lignes et d'en montrer la complexité car elle varie suivant les types de sol et en fonction du temps.

Dans un système de culture où la jachère ne peut être pratiquée, une combinaison contrôlée du travail du sol, de l'irrigation, des fertilisations chimiques (engrais) et organique (apports de matière organique fraîche) est plus que jamais nécessaire si l'on veut assurer la conservation de ces sols.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM, le 11 mars 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNOULD (M.), 1961. — Etude géologique des migmatites et des granites précambriens du Nord-Est de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta méridionale. Cadre géologique — Classification — Principaux types. *Mémoire du B.R.G.M.* n°3.
- BASSEREAU (D.), 1977. — Rapport de mission à la SO.SU.HV à Banfora. *I.R.A.T.*
- BASSEREAU (D.), 1978. — Rapport de mission à la SO.SU.HV à Banfora. *I.R.A.T.*
- COLMET DAAGE (F.) et GAUTHEYROU (J.), 1966. — Export of mineral elements in the cane juices. *Bureau des sols des Antilles — O.R.S.T.O.M.*
- DABIN (B.), 1970. — Les facteurs climatiques, physiques et chimiques de la fertilité des sols. Utilisation des échelles de fertilité. *Techniques rurales en Afrique, n° 10, Pédologie et développement O.R.S.T.O.M. — B.D.P.A., Paris, pp. 165-237.*
- DABIN (B.), 1971. — Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Science du sol, n° 1, pp. 47-63.*
- DABIN (B.), 1976. — Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol. Application à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. *Cah. ORSTOM Série Pédologique, Vol. XIV, n° 4, pp. 287-297.*
- DEKADJEVI (A.), 1974. — Contribution à l'étude de la dégradation des propriétés physico-chimiques et chimiques des terres de Barre sous culture au Togo, *Thèse 3^e cycle, Université de Paris VII*

- FAUCK (R.), MOUREAUX (C.), THOMANN (C.), 1969. — Bilan de l'évolution des sols à Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue. *L'Agronomie Trop.*, Vol. XXIV, n° 3 : 263-301.
- GLENN (D.M.) and DOTZENKO (A.D.), 1978. — Minimum Vs conventional tillage in commercial sugarbeet production. *Agronomy Journal*, Vol. 70, n° 3.
- GUCKERT (A.), 1973. — Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et leur rôle dans les mécanismes d'agrégation. *Thèse Etat Univ. Nancy I.*
- HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1969. — Le profil cultural. 332 p., 2^e Edit. *Masson, Paris.*
- JONQUET (P.) et SERRE (J.C.), 1964. — Prospection alluvionnaire générale et levées géologiques complémentaires dans l'Ouest du degré carré de Banfora et la partie volcanique du degré carré de Kong. *B.R.G.M.*
- LOSSAINT (P.), 1959. — Etude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. *Ann. Agron.*, 4 : 369-414.
- MARCELIN (J.), SERRE (J.C.), 1971. — Notice explicative de la carte géologique au 1/200.000^e. Banfora — Sindou — Mangodara. *B.R.G.M., D.G.M. Haute-Volta.*
- MOREAU (R.), 1967. — Etude des sols de la région de Banfora (Haute-Volta). Tome I : Les sols et leur utilisation (canne à sucre). Tome II : Documents annexes. *O.R.S.T.O.M., Centre de Dakar — Hann.*
- NGUYEN KHA, DOMMARGUES (Y), 1970. — Influence de l'hygrothermopériodisme sur la stabilité de la matière organique du sol mesurée par respirométrie. *Sci. du sol*, n° 1 : 53-62.
- SIBAND (P.), 1974. — Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *L'Agron. Trop.*, Vol. XXIX, n° 12 : 1 228-1 248.
- SOURABIE (N.), 1979. — Influence de la culture de la canne à sucre sur les sols de Bérégadougou (Haute-Volta). (Cas particulier des facteurs de fertilité liés à la matière organique). *Thèse 3^e Cycle. Fac. Sci. et Techn. de St Jérôme, Marseille.*
- SPEARMAN (C.), 1904. — The proof and measurement of association between two things. *Ann. J. Psych.*, 15 : 72-101.
- TURENNE (J.F.), 1976. — Dynamique de la matière organique en sols cultivés. Effets d'une culture intercalaire de sorgho en vertisols irrigués. *O.R.S.T.O.M. Centre des Antilles.*

SUR MATERIAUX	Argilo-sableux				Argilo-sableux				Argilo-sableux				Argilo-sableux				
Parcelle	Non Cultivée				Cultivée (5 ans)				Non Cultivée				Cultivée (3 ans)				
n°Parcelle/SOSU-HV					JMK ₄								BO ₁				
n°B.D.P. ORSTOM	1640				1641				1642				1643				
n°Identification du Profil.	C3B 010				C3B 111				C3B 013				C3B 114				
Profondeur (cm)	0 20	20 40	40 60	60 80	0 20	40 60	70 90	100 120	0 15	15 30	40 60	70 90	90 110	0 20	20 40	50 70	120 140
GRAVULOMETRIE %																	
Argile	9,4	24,0	37,2	31,0	7,1	43,6	34,0	31,0	5,5	8,2	18,7	24,0	22,6	4,6	9,1	20,1	15,9
Limon fin	4,0	6,2	16,7	17,0	5,9	8,0	11,3	13,8	2,9	4,8	9,8	10,8	11,6	2,5	3,4	2,6	2,6
Limon grossier	14,2	13,4	13,1	14,9	12,7	10,9	13,7	14,0	8,0	7,9	11,7	12,2	12,5	6,7	7,9	6,7	7,4
Sable fin	51,1	35,8	22,1	24,6	57,6	27,6	30,4	27,6	46,0	38,8	28,5	26,5	27,5	62,7	56,5	50,4	54,0
Sable grossier	20,0	19,0	8,9	10,7	16,0	7,7	8,6	11,9	37,0	39,6	30,1	25,1	24,7	23,0	22,5	19,3	19,5
MATIERES ORGANIQUES																	
Mat.org. %	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,4	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,1
C%	4,48	3,23	2,31	1,94	2,76	3,33	2,14	1,37	2,67	2,64	1,53	0,99	0,77	1,99	1,63	1,59	0,51
N%	0,350	0,290	0,260	0,224	0,236	0,394	0,280	0,190	0,224	0,246	0,226	0,221	0,180	0,186	0,210	0,204	0,093
C/N	12,8	11,1	8,8	8,7	11,7	8,4	7,6	7,2	11,9	10,7	6,8	4,9	4,3	10,7	7,8	7,8	5,5
PII																	
pH eau	7,1	6,0	5,2	5,3	4,8	5,7	5,8	5,9	6,2	5,4	5,2	5,0	5,1	5,2	5,2	5,5	5,7
pH Kcl	6,1	5,1	4,2	4,8	4,0	5,2	5,5	5,6	5,3	4,5	4,4	4,3	4,4	4,4	4,4	4,8	5,1
COMPLEXE ABSORBANT (mc/100g de sol)																	
Ca ⁺⁺	1,50	1,05	1,80	2,25	1,05	2,94	3,00	3,00	1,20	0,75	0,45	0,45	0,45	0,60	0,60	1,50	1,50
Mg ⁺⁺	0,75	0,75	1,65	1,50	0,45	1,11	1,05	1,05	0,60	0,45	1,05	0,45	0,45	0,30	0,30	0,75	0,30
K ⁺	0,82	0,99	0,14	0,14	0,06	0,07	0,07	0,06	0,04	0,08	0,19	0,20	0,20	0,05	0,06	0,06	0,06
Na ⁺	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
S	3,09	2,80	3,62	3,93	1,57	4,16	4,15	4,14	1,85	1,29	1,71	1,11	1,11	0,96	0,97	2,33	1,58
T (Ca)	4,50	5,50	7,00	7,00	2,75	7,50	7,25	6,50	2,25	2,75	5,25	5,00	4,75	2,25	2,50	3,75	3,00
100.S/T = V %	69	51	52	56	57	55	57	64	82	47	32	22	23	43	39	62	53
BASIS TOTALES (mc/100g de sol)																	
Ca ⁺⁺	3,20	3,56	3,56	4,63	3,20	3,56	4,27	3,20	1,42	1,78	2,85	0,71	1,07	4,63	4,99	4,63	3,92
Mg ⁺⁺	3,47	5,95	2,42	8,22	2,97	7,44	7,44	7,23	2,48	1,96	2,42	8,43	8,92	2,48	2,97	5,95	4,46
K ⁺	1,27	2,33	2,33	2,12	7,43	3,60	4,45	7,64	1,06	2,54	7,21	7,64	8,49	1,21	1,48	2,97	1,48
Na ⁺	0,96	1,29	1,61	1,12	2,58	1,23	1,23	2,58	1,29	1,29	1,23	1,23	1,23	2,58	2,25	2,25	1,23
E.B.T.	8,90	13,13	16,92	15,89	15,18	16,53	18,09	21,35	6,25	9,57	21,41	18,51	18,41	11,60	11,69	15,80	11,79
P₂O₅ (ppm)																	
P ₂ O ₅ Total	240	246	274	222	343	349	354	337	103	120	166	126	126	223	314	314	240
P ₂ O ₅ assimilable	54	1	1	23	11	17	1	2	4	13	2	12	3	12	28	56	1
OXYDES DE FER																	
Fe 203 libre (DEB)	3,15	5,80	6,50	6,50	1,55	5,50	5,75	6,00	0,70	2,45	4,70	3,25	3,15	0,75	1,25	1,70	1,40
Fe 203 total (Hcl)	4,40	7,50	9,90	8,70	2,50	7,20	7,40	8,20	0,90	2,70	4,20	3,80	3,80	1,00	1,60	2,20	1,80
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HYDRIQUES.																	
Is	1,1				2,6				0,5					1,3			
PF 2,5	9,4	17,0	17,0	25,1	7,9	25,5	25,5	23,6	5,5	8,0	18,1	18,9	18,6	4,4	7,1	11,0	8,9
PF 4,2	5,1	11,0	11,0	16,4	3,6	16,5	16,5	15,1	2,3	4,2	12,1	12,5	12,0	2,2	3,9	7,5	6,0
Fau Utile	4,3	6,0	6,0	8,7	4,3	9,0	9,0	8,5	3,2	3,1	5,8	6,4	6,6	2,2	3,2	3,5	2,9

Sols ferrugineux tropicaux. Données analytiques de 8 profils. Caractéristiques générales.

ANNEXE 1a

Les sols sous culture de canne à sucre. Banfora (Haute-Volta)

sur MATÉRIAUX	ARGILO-SABLEUX						ARGILO-SABLEUX				ARGILO-SABLEUX				ARGILO-GRAVILLONNAIRES ET RECOUVEREMENTS SABLE-ARGILEUX			
PARCELLE	NON CULTIVÉE						CULTIVÉE (2 ans)				CULTIVÉE (3 ans)				CULTIVÉE (4 ans)			
N° Parcelle/SO.SU.HV							YE 14				NS 23				NS 2			
N° BDP ORSTOM	1636						1637				1639				1638			
N° Identification du profil	BYVV 061						BYE 171				BNS 291				BNS 281			
Profondeur (cm)	0	15	30	70	90	110	0	30	70	90	0	30	60	100	0	30	60	120
	15	30	30	90	90	130	20	60	90	110	20	40	80	120	20	40	70	160
Granulométrie %																		
Argile	7,4	10,8	10,7	12,3	12,2	12,7	3,9	3,7	27,5	30,6	3,0	13,8	30,2	18,8	4,0	3,3	40,8	28,7
Limon fin	16,9	13,6	12,8	14,3	14,6	13,3	3,4	3,0	6,3	7,6	4,9	6,2	6,3	9,4	4,2	4,1	4,7	8,6
Limon grossier	19,6	8,3	9,3	13,1	12,3	12,0	7,1	8,3	6,1	8,4	8,3	7,6	2,1	10,3	10,8	8,3	8,3	9,3
Sable fin	23,0	36,0	34,2	29,3	27,7	28,4	30,0	27,4	29,0	22,8	31,2	42,5	39,2	37,8	47,3	44,2	24,3	30,9
Sable grossier	29,0	29,1	32,3	30,1	32,3	32,7	26,3	33,6	29,7	28,8	29,8	26,8	20,9	22,6	33,7	37,2	19,3	20,9
Matières organiques																		
Mat. org. %	1,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2
C%	9,61	3,04	1,82	1,32	1,23	0,82	1,43	1,24	2,03	1,30	2,62	2,67	1,59	1,19	2,45	1,67	2,32	1,01
N%	0,628	0,260	0,177	0,234	0,172	0,160	0,145	0,133	0,204	0,210	0,210	0,234	0,224	0,170	0,234	0,180	0,264	0,170
C/N	15,3	11,7	10,3	6,6	7,1	3,8	10,0	9,3	7,4	7,1	12,5	10,7	7,1	7,0	10,3	9,3	7,9	3,9
pH																		
pHeau	6,5	5,5	5,4	5,5	5,4	5,0	5,2	5,8	5,1	5,2	5,7	5,3	5,7	6,0	4,9	6,0	5,4	5,2
pH KCl	5,6	4,3	4,3	4,8	4,5	4,3	4,3	4,9	4,5	4,6	4,8	4,4	5,1	5,4	4,1	5,2	4,6	4,3
Complexe absorbant (me/100 g de sol)																		
Ca ⁺⁺	2,10	0,73	0,90	1,30	1,30	0,73	0,30	0,90	0,73	0,90	1,00	0,90	2,10	1,00	0,90	1,30	1,93	1,05
Mg ⁺⁺	0,73	0,43	0,60	1,00	1,00	0,73	0,13	0,30	0,60	0,73	0,43	0,60	0,90	0,73	0,30	0,30	1,33	0,45
K ⁺	0,32	0,14	0,05	0,13	0,14	0,13	0,04	0,05	0,14	0,13	0,08	0,17	0,07	0,08	0,07	0,08	0,11	0,07
Na ⁺	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
S	3,79	1,39	1,90	2,72	2,41	1,63	0,30	1,24	1,31	1,06	1,59	1,69	3,00	2,08	1,28	1,59	3,44	1,59
T (ca)	5,73	3	2,20	4,25	4	4,30	1,30	1,73	4,73	3,30	2,73	4,00	4,73	4,00	2,50	2,00	6,00	3,23
100 S/T = V%	66	48	69	64	60	37	33	72	32	34	38	42	65	60	31	79	37	30
Bases totales (me/100 g de sol)																		
Ca ⁺⁺	2,13	2,13	3,20	1,78	2,49	3,20	3,20	3,34	2,83	4,27	2,14	2,14	3,20	2,05	2,13	2,83	4,27	1,78
Mg ⁺⁺	4,46	2,97	2,47	4,96	4,96	5,93	1,98	1,98	8,92	9,42	1,98	2,97	4,46	3,47	1,98	2,48	10,41	5,93
K ⁺	1,48	1,27	1,27	2,76	2,76	3,00	0,63	1,04	3,00	6,34	1,06	1,91	7,64	4,67	1,06	3,09	10,41	3,18
Na ⁺	1,61	1,29	1,61	1,29	1,29	3,34	2,23	1,93	1,93	2,34	1,93	2,90	1,93	1,93	2,23	1,29	1,61	1,61
Σ B.T.	12,10	7,66	8,48	12,21	10,79	16,29	8,06	8,33	18,79	22,63	7,11	9,92	17,23	12,93	7,62	11,71	26,90	12,32
P₂O₅ (PPM)																		
P ₂ O ₅ total	183	126	26	160	160	166	240	11	269	286	286	292	297	229	251	183	286	229
P ₂ O ₅ assimilable	3	3	4	1	19	1	23	9	34	3	82	24	31	34	87	4	7	5
Oxydes de fer																		
Fe ₂ O ₃ libre (DEB)	0,43	0,60	0,73	1,30	1,33	2,30	0,60	0,80	2,70	6,23	0,90	1,60	2,33	2,30	0,65	0,73	2,40	3,30
Fe ₂ O ₃ total (HCl)	1,0	1,0	1,10	1,80	2,10	3,10	0,70	1,0	3,20	7,10	1,40	2,20	3,70	3,00	1,0	1,0	3,30	4,40
Caractéristiques physiques et hydriques																		
Is	0,8						0,7				1,2				0,9			
PF 2,5	13,4	11,2	10	14,1	14,3	17,1	3,1	4,3	16,0	18,9	5,2	10,3	17,6	14,3	4,7	4,9	23,8	20,3
PF 4,2	4,4	4,1	3,5	8,2	8,9	10	1,3	2,3	11,1	13,0	2,3	6,3	11,3	9,4	1,9	2,3	13,3	12,4
Eau utile	1,0	7,1	6,3	3,9	3,6	7,1	1,6	1,8	4,9	3,9	2,9	4,2	6,1	3,1	2,8	2,6	8,3	7,9

Sols ferrugineux tropicaux

ANNEXE Ib

SUR MATERIAUX	Grave lo-gravillonnaires et à recouvrements sableux.				Grave lo-gravillonnaires et à recouvrements sableux.				Gravillons sur altérations de grès et affleurements.				Gravillons sur altérations de grès et affleurements.				Gravillons sur altérations de granodiorites.		
Parcelle	Non Cultivée				Cultivée (4 ans)				Non Cultivée				Cultivée (1 an)				Cultivée (1 an)		
n°Parcelle/SOSU-IV					LF5								D05				LE18		
n°B.D.P. ORSTOM	1631				1632				1633				1634				1635		
n°Identification du Profil.	ALE 011				ALI 521				AW 031				AW 541				ALE 151		
Profondeur (cm)	0 20	30 50	60 80	100 120	0 20	40 60	70 90	140 160	0 10	10 30	40 60	70 90	0 20	20 40	50 70	100 120	0 15	15 45	45 65
GRAVIMÉTRIE %																			
Argille	7,4	23,1	28,7	22,8	5,5	25,1	27,7	28,7	6,8	19,2	41,0	33,6	3,6	5,6	24,1	26,4	10,0	19,7	33,6
Limon fin	5,8	10,5	10,9	21,9	4,0	9,7	11,4	19,7	4,3	8,7	13,5	15,2	3,6	5,9	7,4	5,4	5,4	7,8	20,9
Limon grossier	11,5	9,9	11,6	11,3	10,2	10,8	12,4	12,9	11,4	11,4	11	23,2	14,1	13,6	11,2	13,8	10,4	7,9	7,7
Sable fin	27,0	18,1	12,7	11,1	26,9	14,6	18,3	12,5	48,4	29,4	11,7	13,9	55,7	50,5	34,7	30,8	21,1	8,8	28,6
Sable grossier	47,1	37,1	34,5	30,6	52,1	38,1	28,3	24,7	28,1	29,2	21,9	13,1	23,4	26,3	23,1	20,5	51,1	54,5	6,6
MATIÈRES ORGANIQUES																			
Mat.org.%	0,8	0,5	0,3	0,1	1,1	0,4	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	1,4	0,5	0,2
C%	4,61	3,09	1,62	0,78	6,23	2,35	1,42	1,12	4,19	4,20	1,15	0,81	1,25	1,22	2,04	1,20	8,08	2,71	1,19
H%	0,310	0,240	0,170	0,097	0,384	0,240	0,180	0,13	0,380	0,360	0,250	0,18	0,17	0,12	0,274	0,17	0,672	0,280	0,150
C/N	11,9	12,9	9,5	8,0	16,2	9,8	7,9	8,4	11,0	11,5	4,5	4,5	7,2	9,9	7,4	7,0	12,0	9,7	7,9
pH																			
pH eau	5,8	6,2	6,7	6,9	7,9	6,1	5,7	5,5	6,4	5,8	5,5	5,6	5,8	5,7	5,7	5,5	5,0	5,5	7,1
pH Kcl	4,8	5,3	5,6	5,0	7,5	5,3	5,2	4,6	5,6	4,6	4,4	4,6	4,9	4,8	4,6	5,0	4,1	4,5	6,2
COMPLEXE ABSORBAIT (mc/100g de sol)																			
Ca++	0,90	2,25	2,80	6,75	4,50	2,85	2,80	2,55	0,75	0,60	0,30	0,30	0,30	0,30	1,50	2,25	0,30	1,05	6,00
Mg++	1,35	1,50	1,50	6,0	0,75	1,35	1,35	1,65	0,75	0,45	0,90	1,25	0,15	0,30	0,75	0,60	0,30	1,20	6,30
K+	0,07	0,19	0,26	0,21	0,06	0,11	0,15	0,36	0,02	0,27	0,28	0,15	0,12	0,11	0,13	0,07	0,06	0,09	0,16
Na+	0,01	0,02	0,04	0,24	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,01	0,04	0,15	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,38
S	2,33	3,96	4,60	13,2	5,35	4,35	4,43	4,61	1,60	1,36	1,63	2,45	0,58	0,72	2,39	2,24	0,69	2,40	12,84
T(Ca)	2,75	4,75	6,50	14,00	5,25	6,25	6,75	7,25	2,50	3,75	6,25	5,50	1,50	1,75	4,25	4,75	5,25	4,50	12,75
100.S/T = V %	85	83	71	94	101	70	66	63	64	36	26	65	39	41	56	62	13	53	100
BASES TOTALES (mc/100g de sol)																			
Ca++	1,78	2,85	2,85	8,91	5,34	3,56	2,85	2,85	1,07	1,78	1,42	1,42	27,81	2,85	3,56	5,35	2,85	3,20	7,48
Mg++	3,47	7,44	10,41	23,8	3,47	9,92	10,41	14,88	2,97	6,44	14,88	11,20	1,98	1,48	2,97	3,47	3,96	6,44	21,33
K+	1,06	2,12	3,18	2,97	1,27	5,52	5,02	7,21	2,54	8,28	18,04	13,17	0,42	0,42	2,12	2,33	1,06	1,48	2,76
Na+	1,29	1,93	1,61	2,29	1,29	1,92	1,61	1,29	1,22	1,23	3,22	2,29	2,58	1,61	1,93	2,25	1,61	1,61	2,25
E+B.T.	7,60	13,27	16,98	37,98	11,37	20,23	19,96	26,87	7,87	18,43	37,56	28,94	32,72	6,36	10,58	13,40	2,48	12,73	33,82
P2O5 (ppm)																			
P2O5 Total	154	166	177	103	343	240	274	183	148	166	126	114	217	206	222	234	229	183	137
P2O5 assimilable	1	1	5	5	11	8	1	4	7	24	1	6	12	1	18	1	15	1	1
OXYDES DE FER																			
Fe2O3 libre (DIB)	1,25	2,30	6,50	2,60	3,50	7,50	7,00	6,50	1,75	4,50	6,00	5,00	0,55	0,65	1,70	3,65	2,15	3,95	4,00
Fe2O3 total (Hcl)	1,60	3,20	8,50	5,20	5,30	9,50	12,00	7,80	2,30	5,60	7,30	5,70	0,80	1,00	2,30	4,30	3,00	5,10	6,30
CARACTÈRES PHYSIQUES ET HYDRIQUES.																			
Is	0,6				0,3				0,6				0,6				1,3		
PF 2,5	9,3	16,4	19,8	18,4	7,1	21,1	23,7	29,2	8,4	14,9	21,4	24,1	4,6	10,6	14,8	16,9	11,3	14,8	27,4
PF 4,2	4,2	10,8	14,6	16,6	3,2	13,4	15,9	16,2	4,1	10,1	18,5	17,2	1,7	2,5	9,7	11,5	6,1	10,4	19,1
Eau Utile	5,1	5,6	5,2	1,8	3,9	7,7	7,8	13,0	4,3	4,8	5,6	6,9	2,9	8,1	5,1	5,4	5,2	4,4	8,3

Sols peu évolués. Données analytiques de 5 profils. Caractéristiques générales.

ANNEXE II