

## Matière organique et transformations structurales superficielles dans un sol ferrallitique rouge de la zone forestière du Cameroun

Jean KOTTO SAME (1), Dieudonné BITOM (2) et Boris VOLKOFF (3)

(1) Centre national des sols, BP 5578, Yaoundé (Cameroun). (2) Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, BP 812, Yaoundé (Cameroun). (3) ORSTOM, BP 1857, Yaoundé (Cameroun).

### RÉSUMÉ

*Les sols ferrallitiques rouges modaux de la zone forestière du Sud-Cameroun présentent, dans le mètre supérieur de leur profil, un horizon plus compact que les horizons sus- et sous-jacents. Cet horizon résulte de la dégradation de la structure initiale en microagrégats et d'une illuviation de l'argile. Une autre transformation caractérisée par une décoloration du plasma argileux, vient se surimposer au lessivage. La matière organique est présente sur toute la partie du profil transformée ; elle est essentiellement liée à la fraction fine du sol, et sa composition varie avec la profondeur. L'horizon grumeleux superficiel, l'horizon appauvri et l'horizon plus compact ont chacun un type d'humus caractérisé par la prédominance d'une fraction humique particulière : acides humiques, acides fulviques liés, acides fulviques libres. Rien n'indique cependant que la matière organique intervienne directement dans ces processus de transformation. Le pH accompagne ces modifications structurales et biochimiques concordantes, l'acidité augmentant considérablement de bas en haut. Il semble donc que la matière organique agisse indirectement en développant une acidité qui favorise le lessivage de l'argile lorsqu'elle est faible, l'altération de l'hématite et des argiles lorsqu'elle est plus élevée.*

MOTS-CLÉS : Sols ferrallitiques — Microstructure du sol — Matière organique du sol.

### ABSTRACT

ORGANIC MATTER AND STRUCTURAL CHANGES IN THE UPPER PART OF A FOREST RED FERRALLITIC SOIL OF CAMEROON

*Oxisols in the rain forest of south Cameroon show within the first meter of the profile an horizon more compact than the overlying and underlying horizons. This horizon results from the degradation of the initial microaggregate structure and from a clay leaching. Another transformation characterized by a lighter clay plasma is added to leaching. The composition of organic matter which is essentially linked with the fine fraction of the soil, varies with depth. This organic matter is always observed in the transformed part of the profile. The surface blocky horizon, the leached horizon, and the more compact horizon have each a humus characterized by the predominance of one particular humic fraction : humic acids, or related fulvic acids, or free fulvic acids. There is no evidence however that the organic matter is directly involved in the transformation processes. The pH is observed along with these structural and biochemical modifications by increasing considerably the acidity from the bottom to the top. The organic matter may therefore have an indirect effect increasing soil acidity. It contributes to the clay leaching when low, and to hematite and clay weathering when higher.*

KEY WORDS : Ferrallitic soils — Soil microstructure — Soil organic matter.

## RESUMEN

## MATERIA ORGÁNICA Y TRANSFORMACIONES ESTRUCTURALES SUPERFICIALES EN UN SUELO FERRALÍTICO ROJO DE LA ZONA FORESTAL DE CAMERÚN

*Los oxisuelos de la zona forestal de Camerún del sur presentan, dentro del primer metro de su perfil, un horizonte más compacto que los horizontes suprayacentes y subyacentes. Este horizonte resulta de la degradación de la estructura inicial de microagregados y de una iluviación de la arcilla. Otra transformación caracterizada por un descoloramiento del plasma arcilloso se añade a la lixiviación. La materia orgánica se observa en la parte transformada del perfil, estando unida sobre todo, con la fracción fina del suelo y su composición varía con la profundidad. El horizonte angular superficial, el horizonte lixiviado y el horizonte más compacto tienen un tipo de humus caracterizado por el predominio de una fracción húmica especial : ácidos húmicos, ácidos fúlvicos ligados o ácidos fúlvicos libres. Sin embargo, no hay ninguna prueba de que la materia orgánica intervenga directamente en esos procesos de transformación. Esas modificaciones estructurales y bioquímicas se acompañan por el pH aumentando considerablemente la acidez desde la parte inferior hasta la parte superior. Por consiguiente, la materia orgánica parece ejercer una influencia indirecta aumentando la acidez lo que favorece la lixiviación de la arcilla cuando es baja y la alteración de la hematites y de las arcillas cuando es más elevada.*

PALABRAS CLAVES : Suelos ferralíticos — Microestructura del suelo — Materia orgánica del suelo.

## INTRODUCTION

Les sols ferrallitiques modaux (CPCS, 1967), ou oxisols (Soil Survey Staff, 1975), se caractérisent par un épais horizon microagregé, poreux et très friable. A la partie supérieure du profil et sur une épaisseur variable, les organisations microstructurales subissent toujours une dégradation qui se traduit par une densification et s'accompagne d'un appauvrissement en argile (HUMBEL, 1974 ; MULLER, 1977, 1978). Sous forêt, bien que les apports de carbone par la végétation se fassent en surface par la litière, on trouve du carbone sur une épaisse tranche de sol (HUMBEL *et al.*, 1977 ; CERRI et VOLKOFF, 1987).

On peut alors se demander si les transformations structurales des horizons supérieurs de ces sols ne seraient pas dues à des interactions entre constituants organiques et minéraux.

Pour tenter de vérifier cette hypothèse, une étude a été entreprise sur un sol ferrallitique rouge modal sous forêt tropicale humide du Sud-Cameroun. Elle vise à établir les relations entre les différenciations morphologiques et organiques de la partie supérieure des profils.

## LE CADRE GÉOGRAPHIQUE

La région fait partie du plateau sud-camerounais. L'altitude à Abong Mbang est de 750 m. Le climat est du type subéquatorial chaud et humide, caractérisé par deux saisons sèches alternant avec deux saisons des pluies d'inégale intensité (tabl. I). Le substratum géologique est constitué de gneiss précambrien (BESSOLE

et LASSERE, 1977). Le modelé est en collines à sommet et pentes légèrement convexes séparées par de larges bas-fonds plus marécageux. La végétation est une forêt dense semi-caducifoliée (LETOUZEY, 1985). Dans la région d'Abong Mbang, elle est la plupart du temps secondarisée. Le sol dominant en position de bon drainage est un sol ferrallitique rouge modal argileux fortement désaturé (tableau II).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été faite sur la station expérimentale de l'Institut de la recherche agronomique (IRA) à Oboul II, près d'Abong Mbang (fig. 1). Le secteur choisi se trouve sous une forêt secondaire. Deux sites ont été sélectionnés, l'un sous forêt de 15 ans, l'autre sous forêt de 25 ans.

## Protocole de prélèvement sur le terrain

Sur chacun des 2 sites, les prélèvements ont été faits à raison de 4 répétitions par site, dans des carrés de 1 m de côté, jusqu'à 4-5 cm de profondeur, puis sur les parois d'une tranchée spécialement creusée : les prélèvements sur la tranchée ont été effectués par couches successives tous les 10 cm jusqu'à 1 m, puis tous les 50 cm jusqu'à 2 m.

Des échantillons non perturbés ont également été prélevés pour études micromorphologiques.

## Méthodes d'analyse au laboratoire

## MATIÈRE ORGANIQUE

Les matières organiques grossières, feuilles et tiges vertes, charbons, feuilles entières et racines moyennes

TABLEAU I  
Moyennes mensuelles des pluies et des températures à Abong-Mbang  
(période de 1961-1977)  
*Monthly means of rains and temperatures in Abong-Mbang  
(from 1961 to 1977)*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T(°C)	22,8	23,9	24,1	24,2	23,7	22,9	22,3	22,5	22,8	22,9	23,0	22,7
P(mm)	24,5	56,2	137,5	56,1	201,6	155,0	110,2	107,7	248,4	295,5	10,9	47,5

Total pluviométrique annuel : 1642,1mm

TABLEAU II  
Principales caractéristiques analytiques des sols ferrallitiques sous forêt de la région d'Abong-Mbang  
(moyennes calculées sur 5 profils)  
*Main analytic characteristics of ferrallitic soils in the Abong-Mbang forested region  
(calculated means from 5 profiles)*

Hor.	Prof.	Granulo.			pH		C	N	C/N	Al <sup>3+</sup>	S	T	V
		a	lf	s	H <sub>2</sub> O	KCl							
		---cm---	----%----					----%---		--meq/100g--			
A1	00-10	45	4	51	4,5	3,7	3,0	0,30	10	1,5	4,0	7,0	57
B1	40-50	60	4	36	5,0	4,1	0,9	0,10	9	2,0	0,2	3,6	6
B2	140-150	57	4	39	5,4	4,4	0,4	0,06	7	0,5	0,1	0,1	4

a: argile ; lf: limons fins ; st: sables totaux ; V=100.S/T

(tabl. III) ont été recueillies manuellement. Les débris végétaux plus fins (petits fragments de feuilles, brindilles, fines racines) ont été séparés de la terre fine < 2 mm par tamisage.

Chaque fraction végétale a été séchée à l'étuve à 60 °C, pesée et analysée (carmhograph).

Une séparation granulométrique suivant la méthode de FELLER (1979), adaptée aux conditions des sols argileux (tabl. III), a été faite sur la terre fine < 2 mm. L'humus a été fractionné par une méthode chimique (DABIN, 1971) sur la terre < 2 mm et sur la fraction granulométrique < 50 µm (tabl. IV).

Le carbone des fractions de l'humus a été dosé par oxydation au bichromate de K en milieu sulfurique.

#### ANALYSES PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

*Granulométrie* : méthode internationale à la pipette de Robinson, après destruction de la matière organique par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, agitation mécanique en présence d'hexamétaphosphate de sodium.

*Argile dispersable à l'eau* : même procédé que pour l'analyse granulométrique mais sans destruction de la matière organique et sans hexamétaphosphate de sodium.

*Azote* : méthode Kjeldahl sur la terre < 2 mm broyée à 0,1 mm.

*pH* : pH(H<sub>2</sub>O) et pH(KCl) : rapport sol/solution 1 : 2,5.

*Al<sup>3+</sup>* : Extraction par KCl N et dosage par colorimétrie de l'aluminium à l'aluminon.

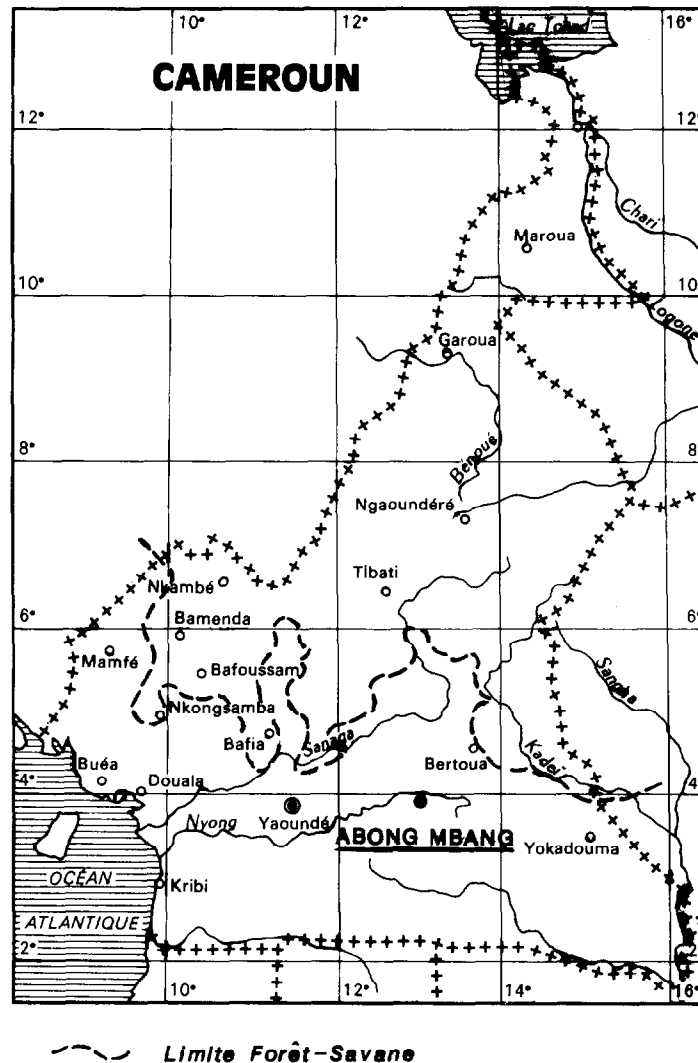


FIG. 1. — Carte de situation.  
Location map.

## RÉSULTATS

### Caractéristiques macro et micromorphologiques

#### PRINCIPAUX HORIZONS

Les sols présentent un profil qui comporte :

- une litière ;
- des horizons humifères subdivisés en :
  - 00-01 cm : horizon A<sub>0</sub>/A<sub>1</sub>, grumeleux, brun-foncé,
  - 01-04 cm : horizon A<sub>1</sub>, brun, à structure polyédrique subanguleuse,
  - 04-20 cm : horizon A<sub>3</sub>, rouge-brun, à structure polyédrique subanguleuse très peu développée.
- de 20 à 90 cm un horizon B<sub>1</sub> plus cohérent, qui sera dénommé « horizon B<sub>1</sub> de consistance », rouge (10R 4/6) à structure massive ;

— de 90 cm à 300 cm, parfois 400 cm, un horizon B<sub>2</sub> microagrégé, aliatique (CHATELIN et MARTIN, 1972), rouge sombre (10R 4/8), poreux et très friable. Il se différencie progressivement à partir d'un niveau rouge compact surmontant un niveau à gravillons ferrugineux que l'on trouve à des profondeurs variables, mais jamais à moins de 4 m (BITOM, 1988).

#### ORGANISATIONS MICROMORPHOLOGIQUES

##### L'horizon B<sub>2</sub> microagrégé

Il se caractérise par sa structure microagrégée très développées, mais on y observe quelques phases denses ou à micropeds peu différenciés.

Les micropeds sont connectés les uns aux autres et forment une trame continue et poreuse (fig. 2). Ils sont

TABLEAU III  
 Protocole de fractionnement granulométrique de la matière organique du sol  
*Granulometric fractionation guidance of soil organic matter*

Nature de la fraction	Mode de fractionnement
Charbons.....	séparation manuelle + tamisage à 2mm
Racines.....	
Fragments végétaux (+sables)	séparation granulométrique
[ >2mm ]	
[ -200-2000µm- - 50-200µm - ]	
Complexe argilo-hum. (argile+ limons)	[ -- <50µm --- ]

TABLEAU IV  
 Fractionnement chimique de l'humus  
*Humus chemical fractionation*

Mode d'extraction	Fraction extraite			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 2M	Acides fulviques libres, AFL			
P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> Na <sub>2</sub> , 0,1M puis NaOH, 0,1N	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2">[</td> <td>Acides fulviques totaux, AFT</td> </tr> <tr> <td>Acides humiques, AH</td> </tr> </table>	[	Acides fulviques totaux, AFT	Acides humiques, AH
[	Acides fulviques totaux, AFT			
	Acides humiques, AH			

Les acides fulviques liés sont obtenus par calcul : AFT - AFL

rouges à rouge foncé en lumière naturelle et faiblement biréfringents en lumière polarisée ; certains montrent des séparations plasmiques à leur périphérie.

#### *L'horizon B1 de consistance*

Il est marqué par la présence de nombreux cutanes d'illuviation, par la dégradation des micropeds et par des imprégnations de matière organique qui l'assombrissent.

Les cutanes sont orangés en lumière naturelle et fortement biréfringents en lumière polarisée. Leur structure est litée, et leurs limites avec le fond matriciel encaissant sont diffuses. Ce sont des cutanes d'argile et de fer, ou ferriargilanes, colmatant les vides et emprisonnant les micropeds (fig. 3).

En même temps que se développent les ferriargilanes dans les vides, l'ensemble du fond matriciel semble se tasser par effacement des vides interpédiques ; il se transforme alors en une matrice dense, localement hétérogène là où les cutanes sont abondants. La porosité peut être à 15-20 % du fond matriciel.

La partie supérieure de l'horizon est aussi marquée par la présence de nombreuses taches de décoloration. Ces taches, qui apparaissent dès la base de l'horizon, se généralisent à son sommet où elles occupent près de la moitié du fond matriciel. Elles affectent le fond matriciel rouge sombre et les cutanes, en préservant leurs structures respectives (fig. 4). Elles sont orangé pâle à brun-jaune orangé, et se caractérisent par une densité optique très faible. Leurs dimensions sont de quelques millimètres ; leurs limites irrégulières sont diffuses. Des quartz s'observent quelquefois à cheval entre ces fonds matriciels décolorés et le fond matriciel rouge sombre encaissant.

#### *L'horizon A3*

Il se caractérise micromorphologiquement par :

- Un squelette très abondant (plus de 45 % du fond matriciel), constitué de quartz hétérométriques, fissurés et à contours subarrondis, associés à quelques minéraux opaques.
- Un plasma brun foncé, rendu isotique par la matière organique. Il est peu abondant et ne forme plus que des ponts entre les grains du squelette. Le squelette et le plasma définissent donc ici un assemblage intertextique.
- Une porosité élevée (30 % du fond matriciel).

#### **La matière organique**

##### QUANTITÉS ET NATURE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES DIFFÉRENTS HORIZONS DU SOL

Si l'on considère la tranche des deux mètres supérieurs du sol, on trouve près de 200 t de C/ha (tabl. V). Cette matière organique est constituée de fragments de différentes natures et de différentes tailles. Les fragments végétaux grossiers (> 2 mm) ne représentent que

1 % du total ; ils sont localisés dans la litière et l'horizon A0/A1. Les fragments plus fins (compris entre 50  $\mu\text{m}$  et 2 mm) ne se rencontrent que dans A0/A1 et A3. La plus grande partie du carbone est associée à la fraction granulométrique > 50  $\mu\text{m}$  (tabl. VI). Dans cette fraction, le carbone est essentiellement sous forme d'humus et est lié à l'argile (complexe argilo-humique).

##### VARIATION DES TAUX DE CARBONE DANS LE PROFIL

Si l'on suit la décroissance des taux de carbone de la terre fine (< 2 mm) en fonction de la profondeur (fig. 5), on peut distinguer 4 segments qui correspondent respectivement à l'horizon A0/A1 (60-4 cm), l'horizon A3 (4-20 cm), l'horizon B1 (20-90 m) et l'horizon B2 (90-200 cm).

##### LE RAPPORT C/N

La décroissance de C/N avec la profondeur n'est pas régulière. Il y a un minimum marqué entre 8 et 20 cm (horizon A3) correspondant donc à un enrichissement en azote (fig. 6).

##### LES FRACTIONS DE L'HUMUS

La composition de l'humus associé à la fraction granulométrique < 50  $\mu\text{m}$  n'est pas constante (fig. 7).

On constate que l'horizon A0/A1 est, par rapport aux autres horizons, pauvre en acides fulviques libres mais riche en acides humiques. L'horizon A3 se caractérise par un humus riche en acides fulviques liés. Les proportions d'acides humiques y décroissent avec la profondeur alors que celles des acides fulviques libres augmentent. L'humus de l'horizon B1 est le plus riche en acides fulviques libres. Les proportions d'humine y augmentent avec la profondeur alors que celles des acides fulviques liés diminuent.

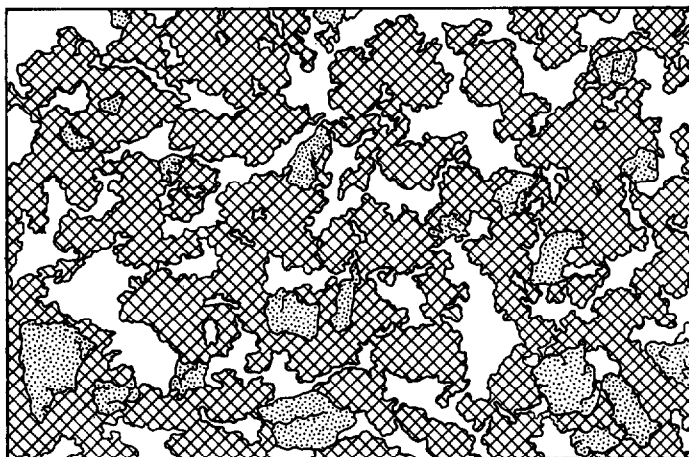
#### **Les autres caractères physiques et physico-chimiques**

##### VARIATIONS DES TAUX D'ARGILE ET D'ARGILE + LIMONS FINS DANS LE PROFIL

Les taux de limons fins sont sensiblement les mêmes et toujours très faibles (moins de 5 % en poids) à toutes les profondeurs. La courbe de variations de la fraction argile seule (fraction < 2  $\mu\text{m}$ ) est donc parallèle à celle de l'argile + limons fins (fraction 0-20  $\mu$ ). On constate (fig. 8) un net appauvrissement en argile + limons fins, donc en argile, en surface et une légère, mais très perceptible, accumulation d'argile vers 50 cm de profondeur. Au-delà de 90 cm les taux restent constants.

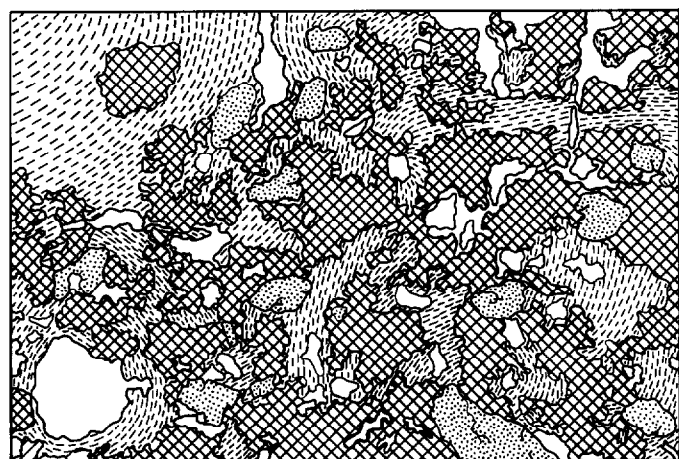
Dans les 20 premiers centimètres du profil, 15 % de l'argile totale est dispersable à l'eau. L'argile dispersable s'annule ensuite rapidement en profondeur. L'analyse granulométrique faite sans dispersant ni destruction de la matière organique met ainsi en évidence la fragilité des organisations structurales dans la

FIG. 2. — Organisation microscopique de l'horizon aliatique. Microagrégats subarrondis et interconnectés, séparés par des vides anastomosés.  
*Microscopic structure of the aliatic horizon. Subrounded and interconnected microaggregates separated by anastomosed voids.*



250  $\mu$ m

Quartz  
 Vides  
 Fond matriciel rouge



250  $\mu$ m

Quartz  
 Vides  
 Ferriargillanes  
 Fond matriciel rouge

FIG. 4. — Organisation microscopique de la partie sommitale de l'horizon B1 de consistance. Taches de décoloration à limites diffuses se développant au sein d'un fond matriciel initial rouge.  
*Microscopic structure of the top part of the dense B1 horizon. Lighter spots with diffuse borders develop in a reddish matrix.*



250  $\mu$ m

Quartz  
 Vides  
 Fond matriciel rouge  
 Taches de décoloration jaune-orangé

TABLEAU V  
Quantités de carbone dans les différents horizons du sol  
*Carbon amounts inside the various soil horizons*

Horizons	terre	frag. végétaux	racines	charbons	total
			< 2mm	> 2mm	
	g de carbone par m <sup>2</sup>				
Litière	0	272	0	0	272
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub> (0-4cm)	1653	19	99	78	1849
A <sub>3</sub> (4-20cm)	4133	0	71	0	4204
B <sub>1</sub> (20-90cm)	8329	0	76	0	8405
B <sub>2</sub> (90-200cm)	4974	0	19	0	4993
Total	19089	291	265	78	19723

TABLEAU VI  
Répartition du carbone sur les fractions granulométriques de la terre < 2 mm des différents horizons du sol  
*Carbon distribution in the granulometric fractions of (< 2 mm size) soil material through the various horizons*

Horizons	fraction			total
	200-2000µm	50-200µm	0-50µm	
	g de carbone par m <sup>2</sup>			
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub> (0-4cm)	123	155	1375	1653
A <sub>3</sub> (4-20cm)	114	161	3858	4133
B <sub>1</sub> (20-90m)	44	320	7965	8329
B <sub>2</sub> (90-200cm)	0	308	4666	4974
Total	281	944	17864	19089

partie superficielle du profil. Les taux de limons fins obtenus par cette méthode sont nuls dans l'horizon B<sub>2</sub> ; ils atteignent dans B<sub>1</sub> un taux maximum correspondant à 20 % du taux argile + limons fins obtenus par analyse granulométrique normale.

PH ET ALUMINIUM ÉCHANGEABLE

Le pH, pH(H<sub>2</sub>O) et pH (KCl), est minimum immé-

diatement au dessous de l'horizon A<sub>0</sub>/A<sub>1</sub>. Ses valeurs croissent ensuite régulièrement avec la profondeur (fig. 9) jusqu'à la base de l'horizon B<sub>1</sub> ; le pH ne varie plus dans l'horizon B<sub>2</sub>.

Le taux d'aluminium échangeable, nul en surface et dans l'horizon B<sub>2</sub>, présente un maximum au sommet de l'horizon B<sub>1</sub> (fig. 10).



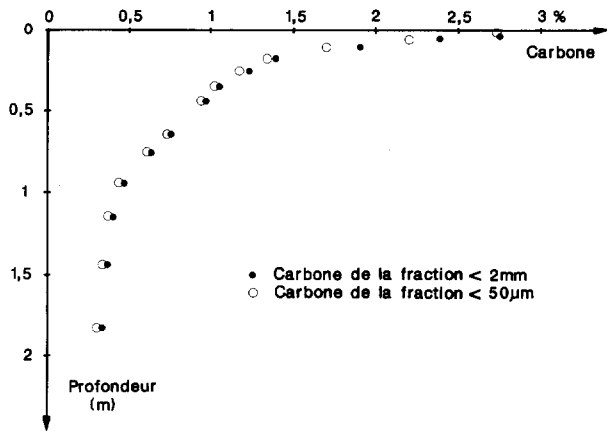


FIG. 5. — Variations des teneurs en carbone du sol en fonction de la profondeur.  
Changes in soil carbon content with depth.

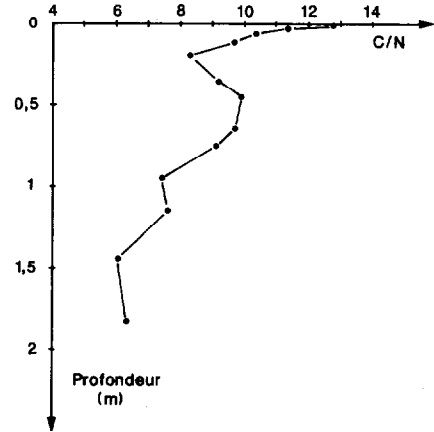


FIG. 6. — Variations du rapport C/N sur la terre < 2 mm en fonction de la profondeur.  
Changes in fine earth C/N ratio with depth.

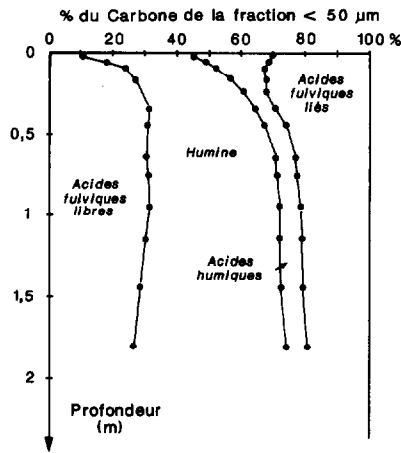


FIG. 7. — Proportions relatives des fractions de l'humus à différentes profondeurs.  
Change in humic fractions with depth.

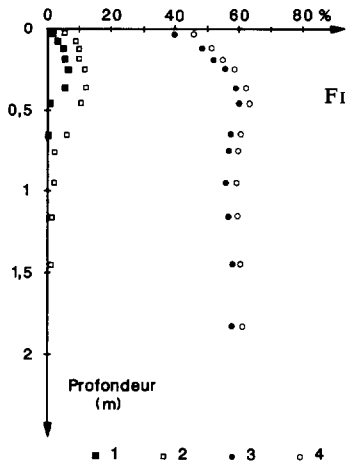


FIG. 8. — Variations des taux d'argile et de limons fins : (1) et (2) argile et argile + limons fins dispersibles à l'eau ; (3) et (4) argile et argile + limons fins obtenus par analyse granulométrique normale.  
Changes in clay and fine silt content : (1) and (2) clay and clay + fine silt dispersed in water ; (3) and (4) clay and clay + fine silt obtained by normal granulometric analysis.

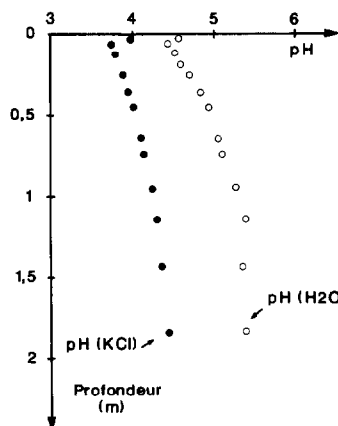


FIG. 9. — Variations du pH en fonction de la profondeur.  
Changes in pH with depth.

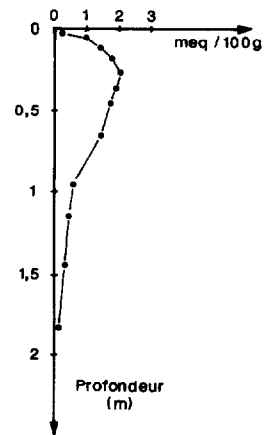


FIG. 10. — Variations de l'aluminium échangeable (Al<sup>3+</sup>) en fonction de la profondeur.  
Changes in exchangeable aluminium (Al<sup>3+</sup>) with depth.

## DISCUSSION

A partir d'un horizon B2 rouge poreux et microagrégé se différencie donc un horizon compact et cohérent, ou horizon B1 de consistance, qui se caractérise par :

- la dégradation des micropeds individualisés dans l'horizon sous-jacent ; cette dégradation s'accompagne d'une densification de l'horizon ;
- la présence des ferriargilanes qui colmatent certains vides, ce qui accentue la densification de l'horizon ;
- le développement, à partir de la base vers le sommet, de taches de décoloration au sein de la matrice rouge argileuse, où l'on observe une augmentation relative du squelette aux dépens du plasma.

Tout se passe donc comme si l'horizon B1 subissait un tassement consécutif à la dégradation de la structure microagrégée et un colmatage par apport d'éléments fins, puis une accumulation relative d'éléments grossiers à son sommet.

Les observations micromorphologiques montrent que ces transformations se font en 2 étapes successives :

- il y a d'abord une dégradation de la microstructure et entraînement concomitant des éléments fins qui s'accumulent sous forme de ferriargilanes dans l'horizon B1 de consistance. Il s'agit donc d'un lessivage ;
- il y a ensuite une décoloration et un appauvrissement en éléments fins ; ces phénomènes sont d'autant plus marqués que l'on est proche de la surface du sol.

L'horizon de consistance se caractérise aussi par une imprégnation diffuse de matière organique. Ce n'est qu'à la base de cet horizon (90 cm) que les taux de carbone deviennent très faibles (0,5 %).

D'une façon générale, la matière organique est en relation, tant par son abondance que par sa nature, avec toutes les différenciations structurales du profil. Il y a ainsi concentration relative en acides humiques dans A0/A1, en acides fulviques liés dans A3, en acides fulviques libres dans B1. Les acides fulviques libres semblent accompagner l'argile ; les acides fulviques liés sont, eux, surtout abondants là où se manifeste l'appauvrissement.

Enfin, parallèlement à la décroissance du carbone, il y a toujours une remontée régulière du pH avec la profondeur. Le pH est minimum près de la surface, à la base de l'horizon A0/A1 : il reste très bas dans l'horizon A3, qui est la partie du profil la plus riche en acides fulviques liés. L'horizon A3 est le niveau d'accumulation de l'azote et de maximum de Al<sup>3+</sup>.

## CONCLUSION

Si on superpose ces différenciations structurales, organiques et physico-chimiques, on constate :

- qu'il y a dégradation des microagrégats et lessivage après une légère acidification ; l'argile migre associée au fer et aux acides fulviques libres. Il en résulte un colmatage de la porosité ;
- qu'il y a décoloration et probablement appauvrissement en éléments fins lorsque l'acidification est plus poussée. Cette seconde évolution se fait en présence d'acides fulviques liés.

Rien ne permet d'établir des relations de cause à effet entre les transformations structurales et les transformations organiques, mais chacune pourrait être déterminée par un abaissement du pH.

Les mécanismes de la microagrégation n'ont pas encore été établis (SCHWERTMANN, 1988), mais on sait qu'interviennent les charges négatives, qui dans la kaolinite, minéral argileux des sols ferrallitiques, sont dépendantes du pH. Un abaissement du pH réduisant la charge des argiles peut donc conduire à une déstabilisation de l'organisation structurale initiale. Les particules d'argile peuvent être mobilisées en présence de substances organiques telles que les acides fulviques libres, toujours abondants dans les sols ferrallitiques désaturés (VOLKOFF, 1988).

Dans l'humus des forêts équatoriales il y a toujours très peu d'acides humiques. Ces acides sont alors des agglomérats lâches d'acides fulviques (VOLKOFF *et al.*, 1988). Tout se passe donc comme si l'acidité inhibait la polymérisation des acides humiques et entraînait le maintien d'importantes proportions d'acides fulviques liés dans la partie supérieure du profil.

Un pH bas favorise la goëthite aux dépens de l'hématite (SCHWERTMANN et MURAD, 1983). Cet effet du pH peut se cumuler avec celui de la matière organique qui agirait dans le même sens (KÄMPF et SCHWERTMANN, 1982). La décoloration observée serait donc liée à une transformation de l'hématite en goëthite.

L'appauvrissement serait, quant à lui, la conséquence d'une dégradation chimique de la kaolinite comme l'atteste l'aluminisation marquée de la partie supérieure du profil.

L'acidification paraît donc commander toutes les transformations superficielles. Elle est très certainement d'origine organique et conséquence d'une humification réalisée en l'absence de bases échangeables ; les bases échangeables ne sont en quantités appréciables que dans le très mince horizon superficiel (A0/A1) où il y a une remontée du pH.

En définitive la matière organique n'agirait donc qu'indirectement sur les différenciations structurales. Les sols ferrallitiques rouges de la forêt sud-camerounaise sont pauvres en bases, l'humus y est riche en fractions fulviques. Ces fractions peuvent participer au lessivage de l'argile, mais c'est surtout par l'acidité qui leur est

associée qu'elles interviennent sur la dégradation structurale, les transformations minéralogiques des oxydes de fer et la dégradation chimique des argiles.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 30 mai 1990.

## BIBLIOGRAPHIE

- BESSELES (B.), LASSERRE (M.), 1977. — Le complexe de base du Cameroun. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 19 (5) : 1085-1092.
- BITOM (D.), 1988. — Organisation et évolution d'une couverture ferrallitique en zone tropicale humide (Cameroun). Genèse et transformation d'ensembles ferrugineux indurés profonds. Thèse de l'université de Poitiers, 164 p. *multigr.*
- CERRI (C.C.), VOLKOFF (B.), 1987. — Carbon content in a yellow Latosol of central Amazon rain forest. *Acta oecologica, Oecol. Gener.*, 8 (1) : 29-42.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.), 1972. — Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. pédol.*, 10 (1) : 25-44.
- CPCS, 1967. — Commission de Pédologie et de cartographie des sols. Classification française. Document provisoire de l'Ecole nationale sup. Agron., Grignon, 87 p. *multigr.*
- DABIN (B.), 1971. — Etude d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol. *Science du Sol*, 1 : 47-63.
- FELLER (C.), 1979. — Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux à structures grossières très pauvres en humus. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 17 (4) : 339-346.
- GOODMAN (B.A.), 1988. — The characterization of iron complexes with soil organic matter. *In* : J.W. Stuei *et al.* (eds), *Iron in Soils and Clay Minerals*, D. Riedel Publishing Co : 677-687.
- HUMBEL (F.X.), 1974. — La compacité des sols ferrallitiques au Cameroun : une zonalité dans ce milieu en relation avec la dessiccation saisonnière. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 12 (1) : 73-102.
- HUMBEL (F.X.), MULLER (J.P.) et RIEFFEL (J.M.), 1977. — Quantités de matière organique associées aux sols du domaine ferrallitique au Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15 (3) : 259-274.
- KAMPF (N.), SCHWERTMANN (U.), 1982. — Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma*, 29 : 27-39.
- LETOUZEY (R.), 1985. — Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500 000. Fascicules 1, 2, 3, 4, 5. Institut de la Carte internationale de la Végétation, Toulouse, 240 p.
- MULLER (J.P.), 1974. — Morphologie des horizons supérieurs des sols ferrallitiques du Gabon. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 12 (3/4) : 277-288.
- MULLER (J.P.), 1977. — Microlyse plasmique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du Centre-Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15 (4) : 345-359.
- MULLER (J.P.), 1978. — La séquence verticale d'organisation des horizons meubles des sols ferrallitiques camerounais. Variation en latitude en fonction du pédoclimat et de l'âge des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 16 (1) : 73-82.
- SCHWERTMANN (U.), MURAD (E.), 1983. — The effect of pH on the formation of goethite and hematite from ferrihydrite. *Clays Clay Miner.*, 31 : 277-284.
- SCHWERTMANN (U.), 1988. — Some properties of soil and synthetic iron oxides. *In* : J.W. Stuei *et al.* (eds), *Iron in Soils and Clay Minerals*, D. Riedel Publishing Co : 203-250.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. — Soil Taxonomy : A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. *Agric. Handb.* 436, USDA-SCS, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- VOLKOFF (.), 1988. — L'humus des sols du Brésil. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 24 (2) 1988 : 63.
- VOLKOFF (B.), POLO (A.) et CERRI (C.C.), 1988. — Caractéristiques biochimiques des acides humiques des sols tropicaux du Brésil. Distinction fondamentale entre les sols équatoriaux et les sols des régions à climat tropical contrasté. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 307 (II) : 95-100.