

**ÉVOLUTION DES CARACTÈRES MINÉRALOGIQUES, GÉOCHIMIQUES
ET PÉDOGÉNÉTIQUES D'UNE SÉRIE DE SOLS FERRALLITIQUES
ROUGES PROFONDS DE MBANDJOCK (Centre CAMEROUN)**

J. BINDZI-TSALA*

R E S U M E

L'étude des sols rouges ferrallitiques développés sur quartzites à minéraux, micaschistes à deux micas et gneiss embréchites dans la région de MBANDJOCK, Centre Cameroun, conduit à la mise en évidence de deux familles de sols. C'est ainsi qu'on rencontre à KANDANG, en moyenne altitude, des sols rouges ferrallitiques, peu profonds faiblement désaturés dérivés de micaschistes à deux micas. En revanche, sur le plateau de MBANDJOCK, se développent des sols rouges ferrallitiques moyennement désaturés dérivés de gneiss. Au point de vue minéralogique, les sols rouges reposant sur micaschistes à deux micas renferment de l'illite et de la kaolinite en mélange avec des oxydes de fer sous forme de goethite et traces d'hématite alors que les sols dérivés de gneiss embréchites comportent essentiellement de la kaolinite et des oxydes de fer sous forme d'hématite et d'un peu de goethite -

* Centre National des Sols de NKOLBISSON - Institut de la Recherche Agronomique
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique - YAOUNDE (CAMEROUN)

INTRODUCTION

Le choix de Mbandjock comme cadre de nos recherches se justifie par l'existence d'un important domaine de la Société Suciè-n^o du Cameroun (SOSUCAM) où s'étendent de vastes zones de sols rouges qui n'avaient pas fait l'objet d'une étude pédologique systématique préalable - Il faut également ajouter les coupes fraîches offertes alors par le Chemin de Fer Transcamerounais de YAOUNDE à MBANDJOCK -

Ce travail vient s'ajouter à de nombreux travaux réalisés au Cameroun sur les sols ferrallitiques et dont les résultats ont fait progresser notre connaissance sur ces sols - Pour se limiter aux études les plus caractéristiques, il y a lieu de citer les auteurs suivants :

Laplante (1954), Bachelier (1955, 1957) Martin D. et Sieffermann (1966), Martin D. et Segalen P. (1967), Bindzi-Tsala (1971), Sieffermann (1973), G. BOCQUIER et J. MULLER (1973).

L'approche conduite dans cette étude s'appuie sur les techniques analytiques usuelles en matière de pétrographie, minéralogie, chimie et géochimie. L'étude de terrain a permis en même temps la caractérisation morphologique des sols rouges ferrallitiques considérés -

I - LE MILIEU NATUREL

La région de Mbandjock est située au Centre CAMEROUN, à 100 kilomètres de YAOUNDE, à 400 kilomètres du littoral entre 4°18' et 4°28' de latitude Nord, 11°50' et 12°10' de longitude Est. (Fig. 1)

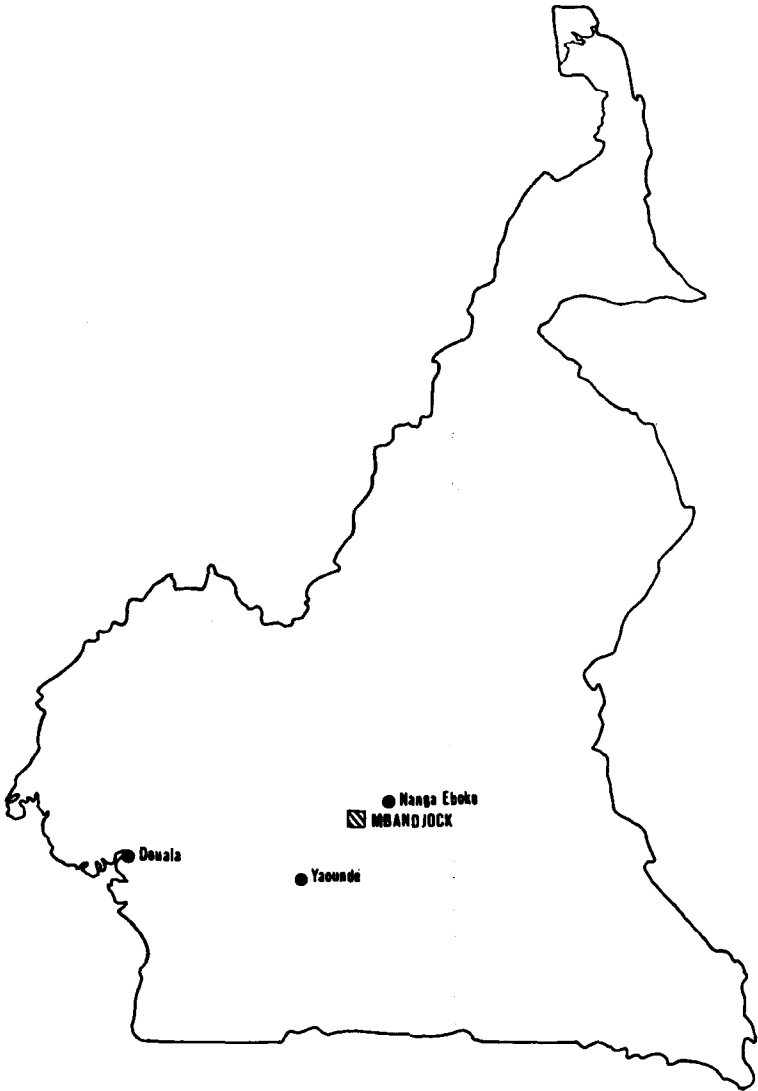


Fig. 1 : Situation de la zone étudiée (échelle : 1/5000 000)

D'une superficie de 10.000 hectares environ, le secteur étudié concerne principalement le domaine de la Société Sucrière du CAMEROUN (SO.SU.CAM). Il appartient à l'arrondissement de Mbandjock qui compte 1272 kilomètres carrés et fait partie intégrante du Département de la Haute Sanaga, Province du Centre - L'arrondissement de Mbandjock est constitué essentiellement par les villages indépendants de Ndō et Mékomba.

A. Géologie. Les formations rouges de Mbandjock ont une assise métamorphique. On distingue deux principales provinces pétrographiques composées des collines hautes et de la pénéplaine (Fig. 2)

Dans les collines hautes de KANDANG (1023 m), du sommet à la base, s'observent successivement :

- des quartzites à minéraux formant des bancs très puissants ; il s'agit de roches compactes, micacées (muscovite) et cristallines avec des faciès à grains fins et à grains grossiers (faciès saccharoïde) ;
- des micaschistes à deux micas souvent altérés et friables avec, comme minéraux principaux, de la biotite et de la muscovite.

Il est à noter que les micaschistes alternent avec des gneiss dont on retrouve des blocs sur les pentes de Kandang -

La pénéplaine de Mbandjock, d'altitude moyenne de 600 mètres, généralement ondulée présente quelques affleurements de quartzites cristallins à faciès souvent saccharoïde (Plateau C SOSUCAM). On observe également, à la faveur d'une coupe ou d'un lit de marigot, des gneiss embréchites du socle ancien ainsi que des amphibolites feldspathiques. On note en outre la présence de cuirasses ferrugineuses souvent dispersées çà et là sur d'anciennes surfaces d'érosion. Il faut ajouter en fin de compte les alluvions limoneuses de la terrasse de la Sanaga.

B - Géomorphologie. D'après les travaux des auteurs comme Segalen (1956, 1967) et Martin (1967, 1979), on doit regarder le Centre Cameroun comme formé de deux surfaces d'aplanissement principales à savoir la surface de l'Adamaoua et la surface du Centre Cameroun proprement dite.

La première des surfaces occupe la plus grande partie de l'Adamaoua à partir du 5ème degré Nord - Son altitude varie généralement entre 850 mètres et 1200 mètres. Elle a été datée de la fin Crétacé. Quant à la seconde surface, elle s'étend au sud de la précédente à des altitudes comprises entre 600 et 800 mètres. Elle a été datée du début Tertiaire et forme la surface dite Africaine I. C'est

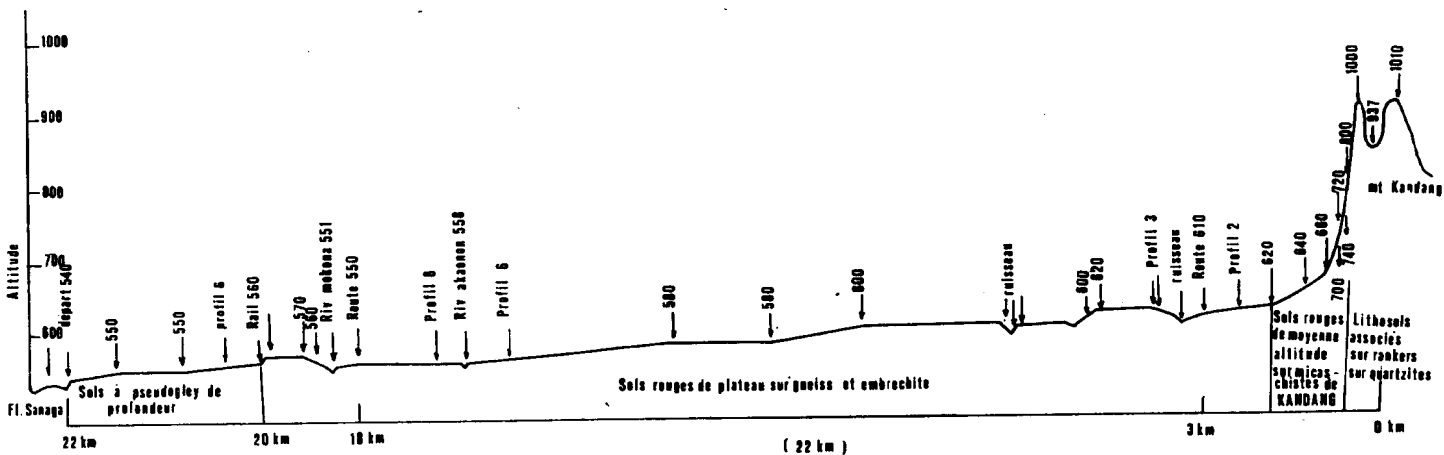


Fig. 2 : Coupe topographique fleuve Sanaga - monts Kandang

elle qui intéresse la région de Mbandjock comprise entre les collines hautes Mfiki (983 m), Kandang (1023 m), Angouma (903 m) orientées S-W N-E d'une part, le fleuve Sanaga orienté N S-W et sa terrasse d'autre part.

C - Climat. La région de Mbandjock est caractérisée par une température moyenne annuelle de l'ordre de 24°C variant entre 23-25°C et par une pluviométrie moyenne annuelle de 1400 mm variant entre 1350 et 1600 mm. L'évaporation "Piche" moyenne annuelle s'évalue à 772 mm. Le drainage climatique annuel calculé selon Hénin et Aubert (1945) est estimé à 500 mm. Le climogramme de Gaussen indique une saison sèche unique de 109 jours s'étendant de la mi-novembre à la mi-mars. On compte en moyenne 170 jours de sécheresse répartis en 130 jours de novembre à mars et 40 en juillet et août. Le nombre moyen annuel de jours de pluie est égal à 90 avec comme répartition, 50 jours de mars à juin et 40 de septembre à novembre. L'humidité relative varie entre 70 et 85 %. Le nombre annuel d'heures d'ensoleillement est compris entre 1700 et 1800.

D. Végétation. La végétation naturelle est constituée par la forêt surtout représentée par les galeries forestières le long des cours d'eau et par la savane à base d'andropogonées.

II - LES SOLS ROUGES DE MBANDJOCK

A - Méthodes d'étude. Les méthodes d'étude utilisées pour déterminer les caractères minéralogiques, chimiques, géochimiques et pédogénétiques des sols rouges de Mbandjock comprennent, l'étude de terrain, les analyses physico-chimiques, pétrographiques et minéralogiques au laboratoire et l'étude des profils hydriques.

Pour l'étude de terrain, les sols du bassin de la Mokona ont fait l'objet d'une prospection de détail - Ainsi a été étudiée une toposéquence Kandang - Sanaga longue de 22 km. (Fig. 1). Le travail a consisté à effectuer des sondages à la tarière pour délimiter des zones homogènes et de creuser des puits profonds de 4 à 6 mètres car il s'agit de sols rouges profonds.

Au laboratoire, les déterminations physico-chimiques ont été faites selon les méthodes habituelles à l'I.R.A.T. à Nogent-Sur-Marne en France. Il a été déterminé ainsi par fusion alcaline et mé-

thode triacide les éléments totaux suivants : silice totale, fer total, alumine, titane, manganèse, phosphore, calcium, potassium, magnésium, sodium et eau retenue à 105°C; en outre, il a été déterminé l'aluminium échangeable, la silice combinée et le fer libre - Les éléments échangeables calcium, magnésium, potassium et sodium ont été extraits par lessivage à l'acétate d'ammonium neutre - L'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldahl et le carbone total par la méthode Anne. Les matières humiques (acides humiques et fulviques) ont été dosées selon la méthode de Chaminade - Les analyses mécaniques ont été réalisées selon la méthode internationale (dispersion à l'hexamétaphosphate et prélèvement à la pipette Robinson). Le pH a fait l'objet d'un relevé au pH-mètre.

L'étude pétrographique et minéralogique des roches-mères de la région de Mbandjock a été réalisée au laboratoire de Géologie et des Mines à Vaoundé et au laboratoire des sols à Dschang - L'analyse minéralogique sommaire des sables a consisté en une séparation densimétrique des minéraux légers et des minéraux lourds selon la méthode préconisée par Lenheer et modifiée par Duchaufour (Précis de Pédologie, 1965). Une séparation magnétique des minéraux a été effectuée au moyen du fer à cheval, de l'aimant-ventouse et de l'électro-aimant - Les fractions magnétiques et non magnétiques ont été étudiées à la loupe binoculaire pour déterminer les types de minéraux alluvionnaires les plus fréquents et d'étudier la corrosion pédochimique éventuelle des quartz. Quelques lames minces de roche ont été préparées selon la méthode habituelle et étudiées au microscope polarisant. On a réalisé à Bondy à l'ORSTOM, l'analyse des colloïdes minéraux par diffractométrie de Rayons X.

La morphoscopie des quartz a fait l'objet d'une étude à la loupe binoculaire et on a repris pour caractériser la forme des quartz, les termes utilisés par Cailleux en procédant au comptage des quartz ronds mats, émoussés luisants et non usés.

Pour l'étude des profils hydriques, les humidités pondérales des profils ont été déterminées à l'IRAT DSCHANG tandis que l'humidité équivalente et l'humidité au point de flétrissement ont été déterminées à l'IRAT Nogent-sur-Marne.

B. Les résultats. 1°/ *Les processus d'altération.*

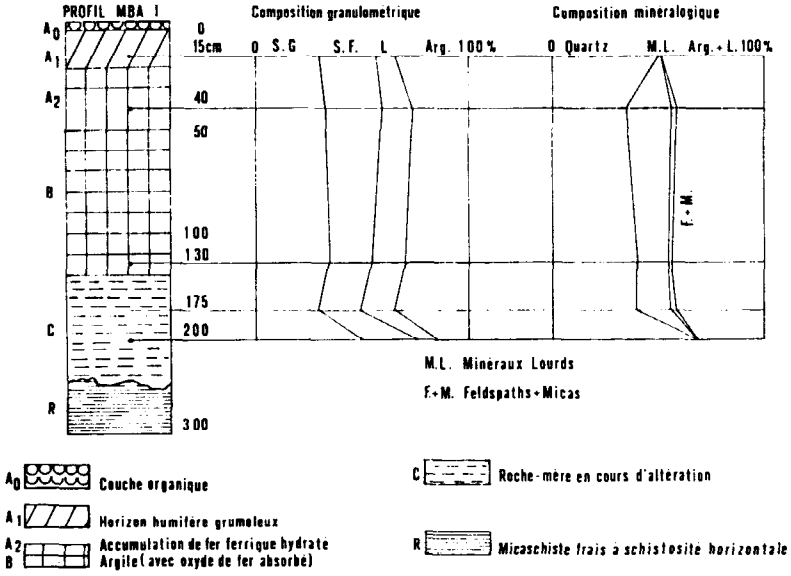
L'origine et l'évolution des sols observés et décrits dans la région de Mbandjock sont liées à trois principales formes de processus d'altération. Dans les collines hautes, au sommet, l'altération des roches est physico-chimique à prédominance mécanique : les bancs de quartzites se fragmentent et se décomposent. En altitude moyenne, l'altération physico-chimique est à prédominance chimique et conduit à l'édification de phyllosilicates 2/1 (illite en l'occurrence) et 1/1 (kaolinite). Dans la pénéplaine de Mbandjock l'altération physico-chimique produit essentiellement de la kaolinite - Dans tous les cas, on n'observe pas d'hydroxydes d'aluminium (absence de gibbsite) mais en revanche s'individualisent des oxydes de fer (présence de goethite et/ou d'hématite).

2°/ Morphologie. Les sols rouges de moyenne altitude de Kandang (entre 700 et 800 mètres) présentent un profil de type ABC, peu développé, d'épaisseur moyenne égale à 2 mètres - L'horizon B est coloré en rouge (10R 4/6, humide) et montre une texture argilo-sableuse. Il est plus développé que les horizons A et C. L'horizon C est réduit, beige et particulièrement pauvre en argile. Le profil étudié est en place, les courbes représentant les éléments de 0 à 2000 microns ont une même allure pour les trois horizons. (Fig. 3a).

Les sols rouges de plateau ont une grande extension par rapport à ceux de moyenne altitude. Le profil est toujours de type ABC mais extrêmement épais, d'une puissance moyenne de 10 mètres. Il est le plus souvent meuble et indifférencié sur plusieurs mètres pouvant présenter par endroits, des niveaux de cuirasse latérique. La texture est argilo-sableuse au sommet, argileuse en profondeur - L'horizon B est coloré en rouge ; il est épais (4 à 6 mètres) - L'horizon C est aussi très développé ; c'est le niveau d'arènes plastiques souvent panaché. (Fig. 3b)

3°/ Minéralogie. Du point de vue minéralogique, on assiste dans la fraction inférieure à 2 microns des sols rouges de moyenne altitude, à l'édification des réseaux de type phylliteux avec des phyllosilicates 2/1 (illite) et 1/1 (kaolinite). Les oxydes de fer sous forme de goethite accompagnent les phyllosilicates. La phase

a - SOLS DE KANDANG



b - SOLS DE PLATEAU

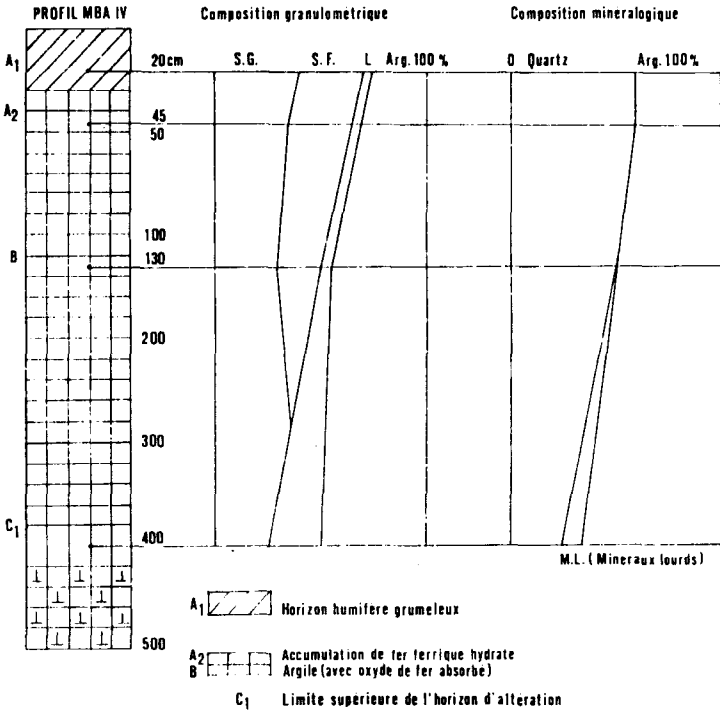


Fig. 3 : Variation de la composition granulométrique et minéralogique

T A B L E A U 1
 EVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE
 DES ZONES SUPERIEURE ET PROFONDE DU
 PROFIL MBA 1.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
Lithomarge	75,77 %	6,10 %	0,07 %	13,33 %	0,87 %
Niveau 150 cm					
Sol	62,42 %	14,80 %	0,25 %	16,20 %	2,24 %
Niveau 0 - 60 cm					
	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅
Lithomarge	1,66 %	3,26 %	1,47 %	0,54 %	458 p.p.m.
Sol	2,00 %	1,60 %	1,50 %	1,80 %	676 p.p.m.
	Fe libre	Al ₂ O ₃ ech.	SiO ₂ solu- ble	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃
Lithomarge	2,37 %	1,5	10,00 %	1,26	0,98
Sol	6,72 %	0,7	14,28 %	1,49	0,94

T A B L E A U 2
 COMPOSITION CHIMIQUE DE LA FRACTION
 INFÉRIEURE A DEUX MICRONS DES SOLS ROUGES
 DE MBANDJOCK

Profils	: SiO ₂ %	: Fe ₂ O ₃ %	: TiO ₂ %	: Al ₂ O ₃ %	: CaO + MgO m. e. %
MBA II 400 cm	: 65,34	: 11,00	: 0,15	: 24,15	: 0,13
100 cm	: 61,74	: 9,80	: 0,13	: 19,97	: 0,18
MBA III 100 cm	: 64,12	: 8,30	: 0,11	: 18,49	: 0,04
0-15 cm	: 77,63	: 5,40	: 0,10	: 10,95	: 0,13
MBA IV 400 cm	: 66,27	: 8,50	: 0,15	: 18,37	: 0,10
45-130 cm	: 69,08	: 7,50	: 0,12	: 15,80	: 0,10
20-45 cm	: 79,08	: 6,10	: 0,12	: 11,38	: 0,11
0-20 cm	: 76,66	: 5,70	: 0,12	: 9,93	: 0,18
MBA IX 350-400 cm	: 52,65	: 13,30	: 0,15	: 24,97	: 0,09
300-350 cm	: 63,00	: 11,60	: 0,12	: 18,98	: 0,11
200-300 cm	: 62,32	: 13,30	: 0,16	: 23,99	: 0,12
70-200 cm	: 61,98	: 10,00	: 0,14	: 19,51	: 0,14
0-70 cm	: 75,60	: 8,20	: 0,15	: 18,55	: 0,12
	: K ₂ O %	: Na ₂ O %	: H ₂ O %	: Fe libre	: Al échang. p. p. m.
MBA II 400 cm	: 0,12	: 0,24	: 1,27	: 7,92	: 49
100 cm	: 0,17	: 0,27	: 1,29	: 5,49	: 7
MBA III 100 cm	: 0,12	: 0,16	: 1,27	: 4,80	: 18
0-15 cm	: 0,14	: 0,27	: 1,19	: 3,37	: 30
MBA IV 400 cm	: 0,12	: 0,24	: 1,24	: 5,49	: 10
45-130 cm	: 0,08	: 0,37	: 0,96	: 5,20	: 8
20-45 cm	: 0,12	: 0,16	: 0,97	: 3,54	: 109
0-20 cm	: 0,12	: 0,24	: 1,12	: 3,3	: 30
MBA IX 350-400 cm	: 0,10	: 0,16	: 1,37	: 6,63	: 94
300-350 cm	: 0,12	: 0,30	: 1,28	: 6,10	: 75
200-300 cm	: 0,12	: 0,30	: 1,56	: 7,78	: 4
70-200 cm	: 0,14	: 0,23	: 1,28	: 5,95	: 9
0-70 cm	: 0,10	: 0,16	: 1,27	: 4,55	: 6

résiduelle de la fraction sableuse est composée essentiellement de quartz (dominant), d'un peu de micas (muscovite surtout), d'un peu de feldspaths et de quantités appréciables de minéraux lourds (le rutile et le disthène sont les plus fréquents) -

Relativement aux sols rouges de plateau, les résultats d'analyses des argiles (fraction inférieure à 2 microns) ne révèlent que la présence de kaolinite, d'hématite et d'un peu de goethite. La gibbsite est absente. Dans la fraction sableuse, on rencontre du quartz dominant (60 % du sol dans les premiers centimètres), des quantités négligables de micas, feldspaths et minéraux altérables.

4°/ Géochimie. Du point de vue géochimique, on observe dans les sols rouges de moyenne altitude de Kandang une légère perte de silice par rapport au matériau originel. On assiste à un phénomène généralisé de distribution du fer et de l'alumine du sol. Ces éléments sont maintenus en place. Le rapport silice/alumine est inférieur à 2 - La composition chimique de ces sols est donnée dans le tableau 1 -

Les sols de plateau en revanche, sont le siège d'une différenciation poussée avec une perte massive de la silice du sol par rapport au matériau originel. La mobilisation et la redistribution de l'alumine et du fer sont généralisées. Le rapport silice/alumine est égal à 2 révélant ainsi la présence de la kaolinite comme minéral des argiles. La composition chimique de ces sols rouges de plateau est donnée dans le tableau 2.

5°/ Chimie des sols. Pour les sols rouges de moyenne altitude, le complexe absorbant est assez faiblement désaturé car son degré de saturation 76 % est élevé dans la partie supérieure du profil (60 premiers centimètres). La capacité totale d'échange 7,65 m.é./100 g et la somme des bases 5,39 m.é./100 g sont d'un niveau moyen. Les bases, dans les 60 premiers centimètres, sont essentiellement constituées par 46 % de calcium (dominant), 26,3 % de magnésium, 3 % de potassium et 0,7 % de sodium. Dans la zone d'altération (150 cm), cette composition devient : 30 % de calcium, 23 % de magnésium, 3,3 % de po-

tassium et 1,5 % de sodium. Les rapports milliéquivalentaires sont, en général, bien équilibrés. A titre d'exemple, on trouve : $Mg/Ca = 0,57$ et $Mg/K = 8,5$.

Les sols rouges de plateau montrent, en général, dans le premier mètre du sol, une désaturation du complexe absorbant moyenne de 40 à 60 %. En revanche, en profondeur, la désaturation est forte, de 18 à 40 % - La somme des bases varie de 1 à 3 m.é./100 g accusant un niveau bas - La capacité totale d'échange varie de 3 à 6 m.é. 100 g - Dans le premier mètre du sol, les bases sont constituées en moyenne par 30 % de calcium, 7 % de magnésium, 3,6 % de potassium et 2,1 % de sodium - Les rapports milliéquivalentaires sont très variables ; ils indiquent pour certains niveaux un déséquilibre entre magnésium et potassium.

6°/ Economie de l'eau (Fig.4) Les sols rouges de moyenne altitude ont une bonne économie de l'eau - En période sèche, le sol possède encore 62 mm de réserve d'eau utilisable sur une tranche de 60 cm Or ces sols sont exposés à des pertes d'eau considérables de par leur position en pente -

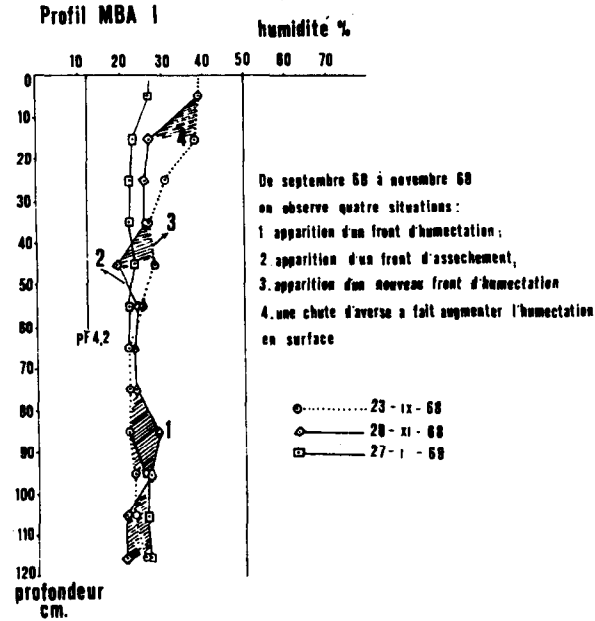
Les sols rouges de plateau possèdent des réserves d'humidité moyennes, 7 % environ d'humidité pondérale. Ils peuvent conserver pendant assez longtemps leur humidité - Ainsi, au plus fort de la saison sèche, sur une tranche de 10 cm, on trouve encore des réserves d'eau utilisables de l'ordre de 4 mm -

C O N C L U S I O N S

L'étude d'une série de sols rouges ferrallitiques dans la région de Mbandjock (Centre Cameroun) permet de mettre en évidence l'existence de deux climax, l'un climatique correspond aux sols rouges profonds moyennement à fortement désaturés de plateau développés sur gneiss embréchites, l'autre stationnel, pour les sols rouges peu profonds faiblement désaturés de moyenne altitude dérivés de micaschistes à deux micas. L'analyse des profils révèle une divergence d'évolution entre les deux familles de sols rouges.

Les données minéralogiques indiquent essentiellement la présence de l'illite, de la kaolinite et des oxydes de fer sous forme de goethite dans la fraction inférieure à 2 microns des sols rouges

a - Sol rouge de moyenne altitude



b - Sol rouge de plateau

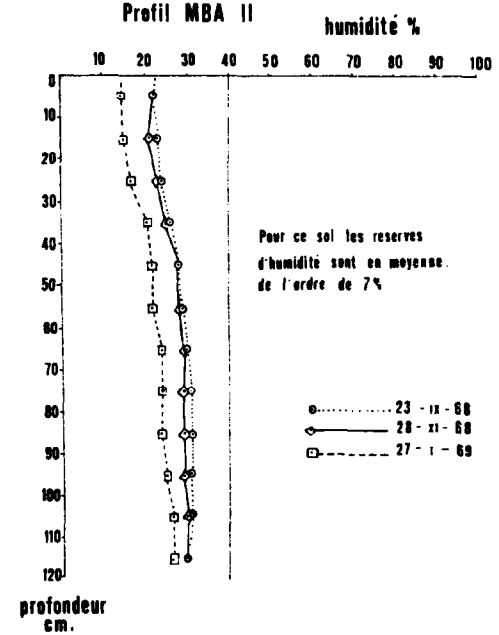


Fig. 4 : Evolution de l'humidité du sol en fonction de la profondeur

de moyenne altitude. On note de même une richesse appréciable en minéraux altérables dans ces formations. Les sols rouges profonds de plateau ne renferment guère, dans leur phase résiduelle, que de la kaolinite et des oxydes de fer sous forme d'hématite et d'un peu de goéthite. Ces sols sont dépourvus de minéraux altérables - Les roches-mères des deux formations sont différentes : roches acides dans le cas des sols de plateau mais de nature ferro-magnésienne pour les sols de moyenne altitude. On doit regarder la roche-mère comme responsable de la divergence d'évolution constatée entre les deux familles de sols rouges.

Les données géochimiques confirment les arguments minéralogiques dans la mesure où l'on observe un phénomène de différenciation (perte de silice du sol par rapport au matériau originel) faible dans le cas des sols rouges de moyenne altitude, développé pour les sols rouges profonds de plateau -

Bibliographie

BACHELIER G., 1959. - Etude pédologique des sols de YAOUNDE. Contribution à l'étude de la pédogenèse des sols ferrallitiques - *Agronomie Tropicale*, Nogent-Sur-Marne, Mai-Juin 1959, n° 3, pp. 279-305, fig. tableaux, graphiques, carte, bibl.

BACHELIER G., CURTIS M. et MARTIN D., 1956. - Les sols des savanes du Sud Cameroun. Conferencia internacional dos Africanistas Ocidentais C.I.A.O., S. TOURE.

BINDZI-TSALA J. 1971 - Etude des caractères minéralogiques, géochimiques et pédologiques de la série de sols ferrallitiques rouges profonds de MBANDJOCK (Centre Cameroun) en liaison avec la détermination de la fertilité de ces sols - Thèse de Doctorat 3ème cycle, Paris 1971 -

BOCQUIER G., MULLER J.P., 1973 - Les Coupes du Chemin de Fer Transcamerounais de Bélabo à Ngaoundéré

DELVIGNE J., 1965. - Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique - Thèse ORSTOM.

DUCHAUFOUR Ph., 1965. - Précis de Pédologie - Edit. Masson et Cie, Paris, 2ème Ed., 481 p.)

DUCHAUFOUR Ph., 1968 - L'Evolution des sols. Essai sur la dynamique des profils - Masson et Cie, Paris Edit.

GEZE B., 1959 - Altération des roches et formation des sols - Encyclopédie de la Pléiade - La Terre (pp. 1111) 1171) - Librairie Gallimard, 1959

LELONG F., 1967 - La diversité d'évolution géochimique dans les sols "ferrallitiques" forestiers de Guyane Française. Influence de la roche-mère. *Sc. du sol*, n° 2, 1968 -

LELONG F. - Etude minéralogique d'un profil d'altération sur roche granitique en Guyane Française. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 17, 4, p. 263, Strasbourg, 1964.

MARTIN D., 1965 - Etude pédologique de la Région de Nanga-Eboko à Bertoua - ORSTOM.

VALLERIE M., 1966. - Enquête pédologique auprès du village de Mbandjock I.R.CAM., YAOUNDE.