

## EVOLUTION ET DEGRADATION DES PHYLLITES DANS LES VIEUX SOLS FERRALLITIQUES SUR BASALTES DU CENTRE CAMEROUN

par SIEFFERMANN G., BESNUS Y. et MILLOT G.

### SOMMAIRE

*L'étude concerne des sols ferrallitiques typiques, épais, formés à partir de basaltes quaternaires sur les hauts-plateaux du Centre-Cameroun.*

*Après une brève présentation des facteurs écologiques des sols et de leurs caractéristiques physico-chimiques, l'étude de la fraction argileuse est abordée plus longuement par voie chimique, thermique, par les rayons X et la microscopie électronique.*

*A la base des profils, les minéraux argileux mis en évidence sont l'halloysite et la métahalloysite ; dans le haut des profils, on trouve de la kaolinite désordonnée selon l'axe b, de la métahalloysite, de la gibbsite et des gels alumineux et ferugineux amorphes.*

*La leçon principale à tirer de cette étude est la genèse de la gibbsite dans la partie supérieure de ces sols à partir des produits de dégradation de la métahalloysite.*

### INTRODUCTION

Des sols rouges épais d'une dizaine de mètres et plus, dérivés de basaltes, se rencontrent en différents endroits sur le plateau de l'Adamaoua, depuis Tignière jusqu'à Meiganga. Ces sols ont été signalés, décrits et étudiés au point de vue agronomique par différents auteurs depuis plusieurs années déjà (LAPLANTE, BACHELIER, 1953), (BACHELIER, 1954, 1955, 1957) (HUMBEL, 1966, 1967). L'altitude des gisements se situe entre 960 et 1.300 mètres. Les basaltes dont dérivent ces sols semblent dater du Quaternaire ancien (LASSERRE, 1959).

L'étude de ces profils doit nous permettre de préciser une étape de l'évolution des minéraux argileux dans le milieu tropical à climat alternant.

## I. — DESCRIPTION DES PROFILS. ECOLOGIE

Dix profils de sols de ce type ont été étudiés; tous sont situés dans la région de N'Gaoundéré. Le climat de cette région est tropical de moyenne altitude avec une hauteur de précipitations de 1.500 à 1.600 mm. Le maximum des précipitations se situe en juillet-août; il y a cinq mois consécutifs de saison sèche (novembre à mars). La température moyenne annuelle est de 23° (max. 32°, min. 13°). Sur tous les profils la végétation est celle de la savane soudano-guinéenne d'altitude: formation essentiellement graminéenne à *Hypparhenia rufa* parsemée d'arbustes. Certains de ces profils sont uniformément argileux, d'autres montrent un horizon gravillonnaire. La description morphologique ci-après correspond au premier faciès (SND 23). La nomenclature utilisée pour désigner les horizons est celle proposée en 1967 par l'I.S.S.S.

### LE PROFIL SND 23.

Ce profil peut s'observer à 22 km au sud-est de N'Gaoundéré sur la route nationale N'Gaoundéré-Meiganga entre les villages de Djouroum et d'Oumaroumakan; au sommet d'une côte. L'altitude du lieu est de 1.180 m. Aucune érosion de surface n'est visible, l'activité des vers de terre est intense, des termitières champignon se rencontrent sur tout le flanc de la côte. En surface du sol on n'observe ni microrelief, ni gravillon. Le profil a été observé en saison des pluies.

- A : 0-15 cm : Horizon rouge très foncé (1OR 3/2 à 3/3) de texture argileuse, assez riche en matière organique et en racines de graminées. La structure est fragmentaire de cohésion moyenne se débitant en morceaux de 0,5 à 10 cm de diamètre. L'horizon est frais à humide mais non suintant, et la terre plastique entre les doigts. La porosité est bonne.
- B1, ox : 15-60 cm : Horizon de transition qui se distingue de l'horizon de surface par sa teneur en matière organique plus faible régulièrement décroissante de haut en bas, sa forte teneur en argile le rapproche déjà de l'horizon B. La couleur est rouge très foncé à rouge foncé (1OR 3/4 à 3/6). Les racines sont encore abondantes. La structure est fragmentaire de type polyédrique, mais la cohésion des agrégats est plus faible que dans l'horizon de surface. Comme dans l'horizon précédent la terre est fraîche à humide, plastique entre les doigts et présente une bonne porosité.
- B2, ox : 60-235 cm : Partie supérieure de la zone d'accumulation à texture très argileuse, de couleur rouge foncé (1OR 3/6). La structure est fragmentaire, polyédrique comme dans l'horizon précédent, mais la cohésion des agrégats est un peu plus élevée. La terre reste fraîche à humide, plastique entre les doigts et garde malgré la forte teneur en argile une bonne porosité.
- B3, ox, cn : 235-255 cm : Mince horizon d'accumulation à gravillons. Les concrétions forment moins de 30 % de l'horizon, la plupart sont rondes à ovoïdes de 0,5 à 2 cm de diamètre, leur teinte est rouge foncé (1OR 3/6). Parmi les gravillons, se rencontrent quelques rares débris de quartz de même taille, fortement imprégnés d'oxydes de fer et de nombreux grains de magnétite de 1 mm à 1 cm.
- B4, ox : 255-350 cm : Partie inférieure de la zone d'accumulation des sesquioxides. Cet horizon ressemble beaucoup à B2, ox; il n'en diffère que par une porosité légèrement moindre.
- BC : 350-470 cm : Horizon de transition entre B et C dans lequel le basalte argilisé à structure conservée apparaît et augmente progressivement vers la base. En même temps, les teintes passent du rouge foncé (1OR 3/6) au gris-bleuâtre (5B 5/1 à 6/1) en passant par le gris-brun clair (1OYR 7/2) et le brun pâle (1OYR 6/3). Le changement de couleur est rarement progressif, le plus souvent des poches rouges pénètrent profondément dans la masse bleuâtre. Simultanément, la texture devient moins argileuse, plus limoneuse. En même temps que le basalte argilisé apparaît, la cohésion augmente et la porosité baisse.

CG : 470-900 cm : Horizon de roche entièrement altérée en argile mais à structure conservée, de couleur gris-bleuâtre (5B 6/1 à 5/1).

900 cm : Vers cette profondeur, on commence à trouver des rognons de roche solide, il s'agit d'un basalte à grands cristaux d'olivine.

L'examen des profils observés appelle les remarques suivantes :

— Les profils sont épais, de type A, Box, BC, C, avec un horizon A humifère, un horizon B oxyde souvent concrétionné et un horizon C d'altération.

— L'horizon A est caractérisé par le mélange intime de la fraction organique à la matière minérale du sol et par sa structure grumeleuse.

— Les horizons B sont caractérisés par leur épaisseur (sup. à 4 m), par une concentration en argile (B, ox) ou en concrétions (B, ox, cn) et par leur teinte rouge foncé dans les planches 2,5 YR et 10 R. La structure des horizons B est le plus souvent faiblement développée, de type polyédrique, la structure de la roche n'y est jamais conservée.

— L'horizon de transition BC est caractérisé par l'apparition progressive d'éléments de roche altérée, à structure conservée et de teintes gris-bleutées. La texture devient moins argileuse.

— L'horizon C est souvent épais, la roche-mère est entièrement altérée mais sa structure est bien reconnaissable ; les teintes gris-bleutées dominent et indiquent la généralisation des conditions réductrices.

## II. — ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

### A. — GRANULOMETRIÉ

Il s'agit de sols lourds. La teneur en éléments inférieurs à 2  $\mu$  se situe autour de 50 % dans les horizons A, entre 60 et 85 % dans les horizons B et BC et entre 30 et 20 % en C. Dans les horizons d'altération, on trouve à l'analyse mécanique 40 à 45 % de « sables ». Ces « sables » examinés au microscope et étudiés aux rayons X se montrent constitués pour moitié de minéraux argileux et se présentent sous forme de grains durs de 50 à 2.000  $\mu$ , translucides et blanchâtres. Ils résistent parfaitement au traitement de l'analyse mécanique et ne sont dispersables que par une agitation prolongée aux ultra-sons. Les résultats fournis par l'analyse granulométrique pour ces horizons sont en conséquence à interpréter avec prudence : pratiquement les minéraux argileux sont déjà présents en même quantité que dans les horizons B, les vrais sables sont rares et constitués essentiellement de petits quartz, de magnétite et d'anatase. Dans les horizons B, la teneur en argile peut baisser par suite de la présence des gravillons ; l'analyse montre que ceux-ci contiennent, tout comme les sables de l'horizon d'altération, une proportion importante de phyllites.

### B. — MATIÈRE ORGANIQUE

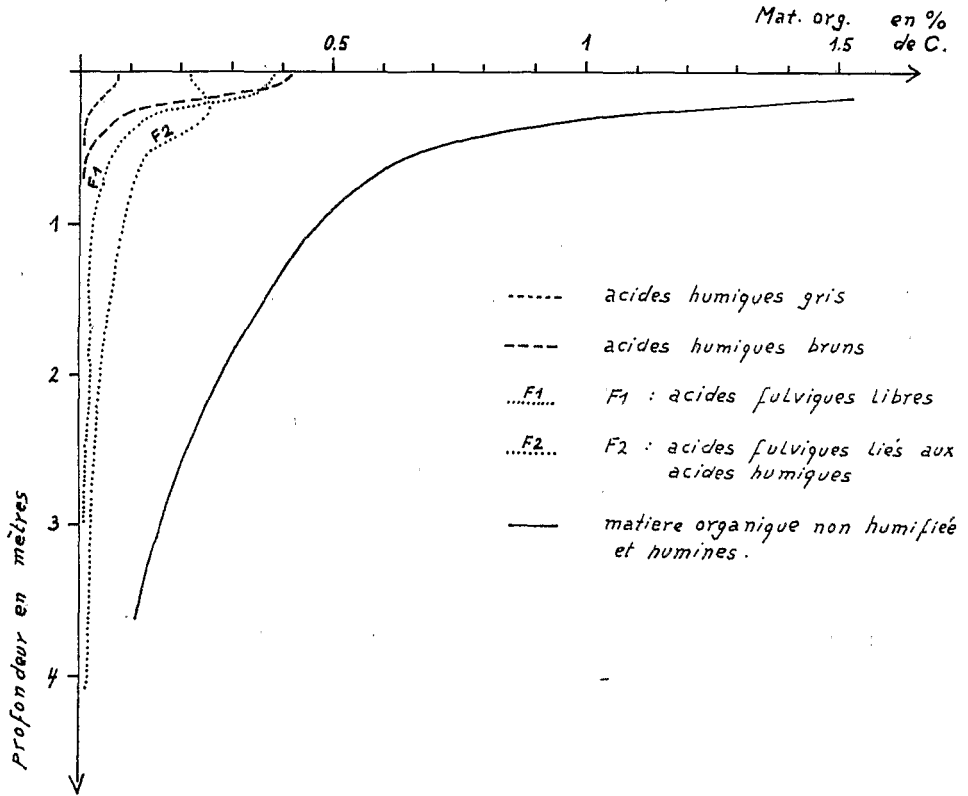
La matière organique décroît dans les profils de haut en bas : 4 à 6 % en surface, 2 à 3 % à 30 cm, 1 à 2 % à 60 cm et environ 1 % à 1 m de profondeur. Ces teneurs sont seulement moitié de celles qu'on observe sous les mêmes conditions climatiques dans les sols jeunes à halloysite (8 à 9 %) (Sieffermann-Millot, 1968). Ceci peut s'expliquer en partie par une production moindre de matière végétale sur ces sols. Le rapport C/N de 13 à 15 en surface est assez élevé ; il augmente généralement d'une à trois unités vers 30 cm et ensuite, retombe vers 60 cm de profondeur à une valeur proche de celle de la surface.

Des déterminations de composés humiques par la méthode Tiurin (modifiée Duchaufour) ont été faites par M<sup>lle</sup> Ch. Thomann sur cinq profils de ce type de sols.

La figure n° 1 montre les **concentrations** des différentes fractions organiques dans la terre totale du profil SND 23.

FIGURE I

Fractions organiques du profil SND 23, exprimées en carbone, en % de terre totale



Les dosages effectués sur cinq profils complets permettent de donner les indications ci-dessous :

— La teneur en acides humiques gris varie dans l'horizon de surface entre 0,05 et 0,27 % ; elle baisse rapidement avec la profondeur et devient pratiquement nulle vers 50 cm.

— Les acides humiques bruns représentent dans l'horizon de surface 0,25 à 0,80 % de la terre totale, leur taux décroît aussi rapidement avec la profondeur, ils disparaissent entre 50 cm et 1 m de la surface.

— Les teneurs en acides fulviques sont plus élevées et ces acides ne disparaissent qu'entre 4 et 5 m de profondeur : ils représentent dans l'horizon de surface 0,7 à 1,1 % ; à 1 m de profondeur 0,17 à 0,32 % et à 2 m, 0,13 à 0,2 % de la terre totale.

### C. — REACTION

Le pH se situe en surface entre 5,6 et 6 ; il augmente légèrement dans les horizons B (6,3 à 6,5) et ensuite décroît de BC en C : à la base des profils très près de la roche en voie d'altération on note ainsi des pH de 4,8 à 4,2.

### D. — CAPACITE D'ECHANGE - BASES ECHANGEABLES - DEGRE DE SATURATION

— La capacité d'échange de la terre fine est faible : elle oscille entre 19 et 14 méq. % dans l'horizon A, entre 9 et 5 méq. % en B et entre 8 et 10 méq. % en C.

— La valeur de la somme des bases échangeables varie en surface entre 11 et 3 méq. %, entre 2 et 0,5 méq. % dans les horizons B et entre 0,5 et 3 méq. % dans

**EVOLUTION ET DEGRADATION DES PHYLLITES**

l'horizon C. Ces valeurs sont très faibles, surtout en B et en C ; 3 méq. % ne représentent, exprimés en CaO, que 0,07 %. Ces bases échangeables sont essentiellement constituées par 2/3 de calcium et 1/3 de magnésium. Les teneurs en potassium ne dépassent par 0,5 méq. % en surface (soit 0,025 % K<sub>2</sub>O) et oscillent en B et en C autour de 0,07 méq. % (0,003 % K<sub>2</sub>O). Les teneurs en sodium échangeable sont tout à fait insignifiantes, partout inférieures à 0,003 % Na<sub>2</sub>O.

— Le degré de saturation du complexe absorbant se situe entre 50 et 32 % en surface ; il baisse ensuite dans les horizons B à des valeurs entre 10 et 6 % et ne remonte que faiblement en C (20 à 25 %).

**E. — RESERVES MINERALES**

Les réserves minérales en alcalins et alcalino-terreux sont faibles et reflètent la longue histoire, sous des climats lessivants, qu'ont subie ces sols. Les moyennes ci-dessous ont été établies à partir de dix profils pour les divers horizons (tabl. n° 2).

**TABLEAU II**  
*Réserves minérales moyennes de dix profils*

Horizons....	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> -B <sub>4</sub>	BC	C
Ca <sup>++</sup> méq. %...	9,5	7	7	6	7
CaO %.....	0,27	0,195	0,195	0,17	0,195
Mg <sup>++</sup> méq. %...	6,3	5,8	5,1	9	12,5
MgO %.....	0,13	0,12	0,10	0,18	0,25

Les éléments alcalins sont encore plus lessivés que les alcalino-terreux : le potassium oscille en surface entre 0,05 et 0,02 % K<sub>2</sub>O et en profondeur entre 0,02 et 0,01 % K<sub>2</sub>O ; les teneurs en sodium sont partout inférieures à 0,03 % Na<sub>2</sub>O.

**III. — ETUDE DE LA FRACTION ARGILEUSE**

Dans ce qui suit, chaque fois que nous ne l'indiquons pas expressément, les résultats concernent toujours la fraction inférieure à 2 μ.

**A. — ANALYSE CHIMIQUE**

Les analyses chimiques des échantillons du profil SND 23 effectuées par spectrométrie sont présentées au tableau qui suit :

**TABLEAU III**  
*Composition chimique de la fraction inférieure à 2 microns du profil SND 23*

Ech. n°	Horizons	Prof. cm.	en % d'échantillon sèche à 110°								PERTE à 110°	rapport mol. SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	TiO <sub>2</sub>	PERTE 110-1000°			Σ
231	A	5	26,7	35,1	0,17	<0,2	17,6	0,08	4,47	15,6	97,9	2,7	1,3
232	B <sub>1ox</sub>	25	24,6	32,4	0,19	<0,2	19,0	0,08	4,43	17,4	98,1	2,9	1,3
233		55	23,4	34,1	0,18	<0,2	18,0	0,07	4,55	16,4	96,7	2,7	1,2
234	B <sub>2ox</sub>	105	22,0	34,0	0,16	<0,2	20,1	0,09	3,64	17,3	97,3	2,4	1,1
235		200	22,3	34,0	0,17	<0,2	20,4	0,10	3,66	16,1	96,7	2,8	1,1
236	B <sub>3ox, cn.</sub>	240	29,6	33,9	0,35	<0,2	14,1	0,06	4,80	15,8	98,6	2,7	1,5
237		310	26,6	33,4	0,18	<0,2	15,3	0,07	4,58	16,0	96,1	2,9	1,4
238	BC	360	33,6	33,0	0,13	<0,2	11,1	0,05	4,29	15,3	97,5	3,4	1,7
239		470	34,9	33,0	0,13	<0,2	11,6	0,08	4,13	14,7	98,5	3,1	1,8
239/1	C	600	36,6	32,4	0,09	<0,2	12,6	0,07	3,44	14,0	99,2	4,9	1,9
239/2		770	36,2	32,1	0,09	<0,2	12,0	0,10	3,26	14,0	97,8	4,4	1,9
239/3	R.	950	45,7	11,8	15,2	8,65	11,9	0,20	2,38	0,7	96,5		

Ce tableau appelle les remarques suivantes :

— Dans la partie supérieure du profil (A à B<sub>4</sub>ox) les rapports moléculaires SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont bas et oscillent entre 1,1 et 1,4; à partir de l'horizon où le basalte argilisé à structuré conservée apparaît (BC : 3 m 60) ces rapports sont de 1,7 et augmentent avec la profondeur pour tendre vers 2. Ceci laisse prévoir à la base du profil un minéral argileux de la famille de la kaolinite, un mélange de ce minéral et d'alumine dans le haut du profil.

#### B. — CAPACITE D'ECHANGE

Pour les horizons A et B<sub>1</sub> six déterminations donnent des valeurs comprises entre 3,4 et 5,5 méq. pour 100 g d'extrait inférieur à 2 μ; ces valeurs sont faibles si on les compare à celles courantes de la kaolinite (7 à 15 méq. %). Une dizaine de mesures effectuées sur les horizons B se situent toutes entre 7,5 et 11 méq. pour 100 g et pourraient correspondre à un minéral de type kaolinique. Pour les horizons C trois mesures ont donné 14, 17 et 20 méq. pour 100 g; ces valeurs sont élevées vis-à-vis des valeurs courantes de la kaolinite et faibles comparées à l'halloysite (20 à 28 méq. %). Elles pourraient correspondre à un mélange.

#### C. — MESURES DE SURFACE SPECIFIQUES

Sept mesures de surfaces spécifiques faites sur les fractions inférieures à 2 μ du profil SND 23 montrent que celles-ci varient peu avec la profondeur :

TABLEAU IV

*Surfaces spécifiques de la fraction inférieure à 2 microns du profil SND 23*

Horizons	A	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	BC	C
Ech. SND n° . . . .	231	234 235	237	238 239	239/1
Surface sp. m <sup>2</sup> /g	80	76 , 75	69	67 , 70	67

Ces surfaces relativement grandes et les faibles capacités d'échange nous permettent de conclure que les particules sont de très petite taille. Une kaolinite en grands cristaux, comme celle de Zettlitz, donne des surfaces de l'ordre de 30 m<sup>2</sup>/g.

#### D. — ANALYSE THERMO-DIFFERENTIELLE

La figure n° 2 groupe les courbes d'ATD du profil SND 23.

— Sur tous les échantillons le crochet endothermique situé entre 550 et 600° et le crochet exothermique entre 920 et 980° indiquent un minéral de la famille de la kaolinite. L'examen de l'ensemble des diagrammes du profil laisse voir que ce minéral diminue quantitativement dans la fraction argileuse vers le haut du sol.

— La gibbsite, et accessoirement des hydrates de fer, sont responsables du pic endothermique entre 310 et 350°. La figure n° 2 montre nettement que celui-ci augmente vers le haut du profil et qu'il est pratiquement absent dans l'horizon CG.

#### E. — DIFFRACTION DES RAYONS X

Dans sept profils les différents horizons ont été étudiés par diffraction des rayons X, aussi bien en poudre désorientée qu'en dépôt orienté. Les résultats obtenus varient peu d'un profil à l'autre; au tableau n° 5 sont représentés ceux qui ont été obtenus sur un profil bien représentatif de ce groupe : SND 23.

EVOLUTION ET DEGRADATION DES PHYLLITES

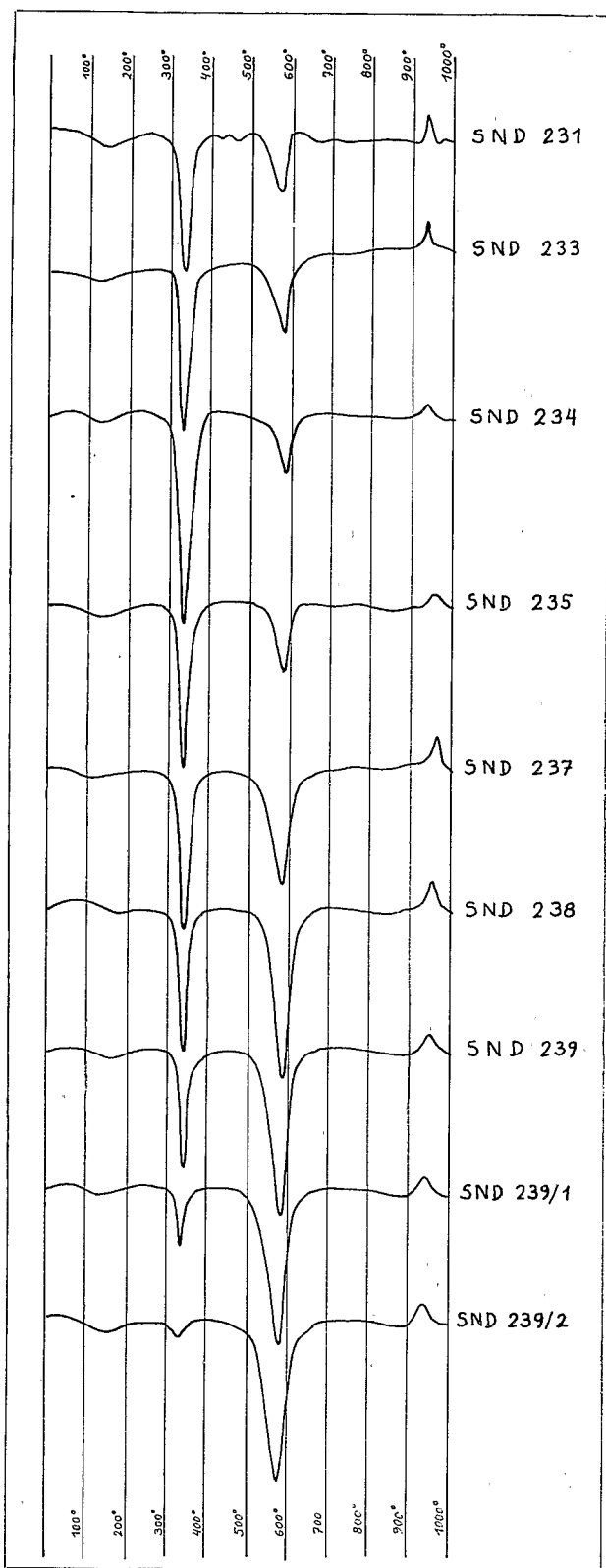


FIGURE 2

*Courbes d'analyse thermo-différentielle du profil SND 23, sur fraction inférieure à 2 microns*

TABLEAU V

Composition minéralogique de la fraction inférieure à 2 microns du profil SND 23

HORIZON	N° Echantillon	prof. en cm.	COMPOSITION GLOBALE EN % (1)								DETAIL DE LA FRACTION PHYLLITEUSE (2)			
			PHYL.	GIB.	Al.am.	MAGN.	MAGH.	HEM.	Fe.am.	TiO <sub>2</sub>	HAL.	METAH.	KAOL.	
A	231	8	57	13	4				9	9	4.5		35	65
B <sub>1ox</sub>	232	25	53	12	4				10	9	4.4		40	60
	233	55	50	16	4				9	9	4.6		40	60
B <sub>2ox</sub>	234	100	47	17	4				9	11	3.6		40	60
	235	200	48	17	4			←9→		11	3.7	tr.	40	60
B <sub>3ox</sub> en	236	250	64	9	3			←7→		7	4.8	tr.	50	50
B <sub>4ox</sub>	237	300	57	12	3			←8→		7	4.6	tr.	50	50
BC	238	350	73	3	2.3			←7→		4	4.3	5	60	35
	239	460	75	2	2.0			←9→		3	4.1	5	70	25
CG	239/1	600	79	tr	1.5			←10→		3	3.4	10	80	10
	239/2	800	78	0	1.3			←9→		3	3.3	10	80	10

1. Proportions des différents constituants calculées d'après les analyses chimiques.
2. Proportions des minéraux phylliteux d'après les R.X. Elles sont chiffrées de 1 à 100 de façon que la somme soit égale à 100.

**Abréviations :** PHYL. : fraction phylliteuse. — GIB. : gibbsite. — Al.am. : alumine amorphe exprimée en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. — MAGN. : magnétite. — MAGH. : maghémite. — HEM. : hématite. — Fe.am. : fer amorphe exprimé en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. — TiO<sub>2</sub>. : anatase. — HAL. : halloysite. — METAH. : métahalloysite. — KAOL. : kaolinite désord. selon b.

**Note :** Ce tableau ne comprend pas Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, ni l'eau d'hydratation du fer et de l'alumine amorphe.

Grâce à l'exploitation simultanée des diffractogrammes de rayons X, de l'analyse chimique et des déterminations d'amorphes, le tableau n° 5 a pu être rendu quantitatif pour les oxydes, les hydroxydes, les amorphes et la quantité totale des phyllites ; seule l'évaluation des proportions des diverses phyllites est approximative. Les produits amorphes ont été dosés par la méthode cinétique mise au point par Segalen (1968).

L'examen du tableau n° 5 montre :

— A la base du profil la teneur en phyllites est de 80 % ; la métahalloysite domine sur la kaolinite p.m. et l'halloysite est présente. La gibbsite est absente. Dès l'horizon CG les feldspaths et minéraux alumineux de la roche-mère ont déjà disparu.

— Dans le haut des profils et dans les horizons B la teneur en phyllites baisse à 60 %. La kaolinite désordonnée suivant l'axe b domine sur la métahalloysite, l'halloysite a disparu. La gibbsite apparaît en quantité importante.

Ceci laisse penser à une genèse de la gibbsite à partir de l'halloysite et de la métahalloysite.

#### F. — MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

Pour préciser la morphologie des différents constituants, deux échantillons des zones caractéristiques du profil SND 23 ont été examinés au microscope électronique.

SND 239/2 (photogr. n°s 1 et 2) nous montre les plaquettes hexagonales de 0,04 à 0,2 μ de la kaolinite p.m. ; de nombreuses formes tubulaires irrégulières et ouvertes,



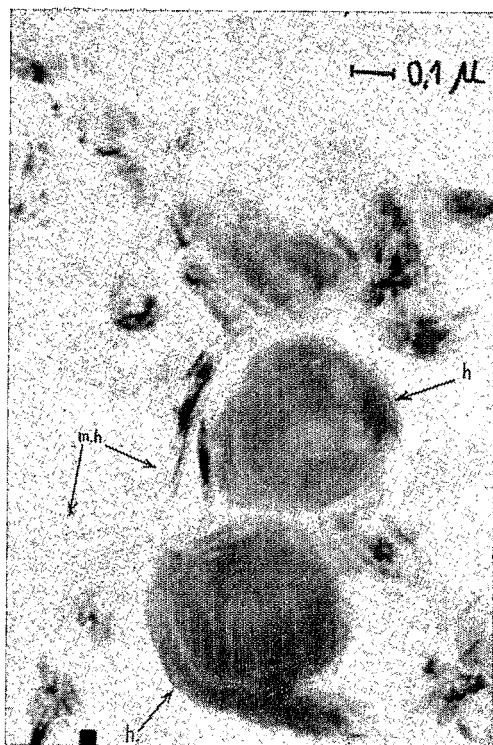


PHOTOGRAPHIES  
OBTENUES  
AU MICROSCOPE  
ELECTRONIQUE

Abréviations :

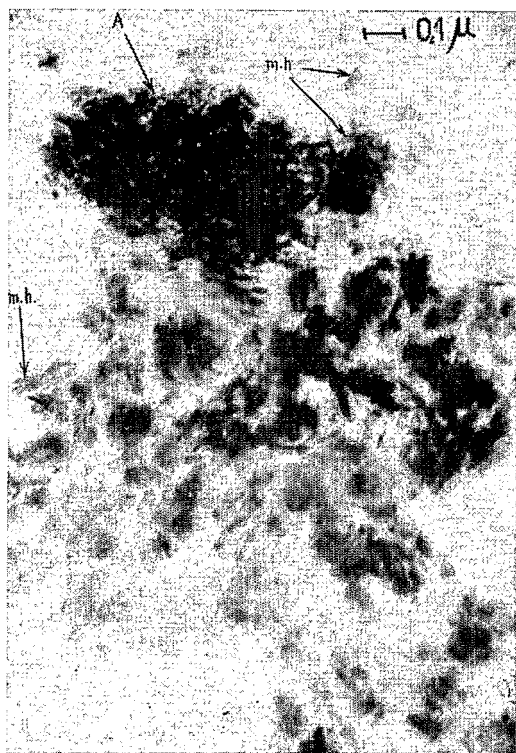
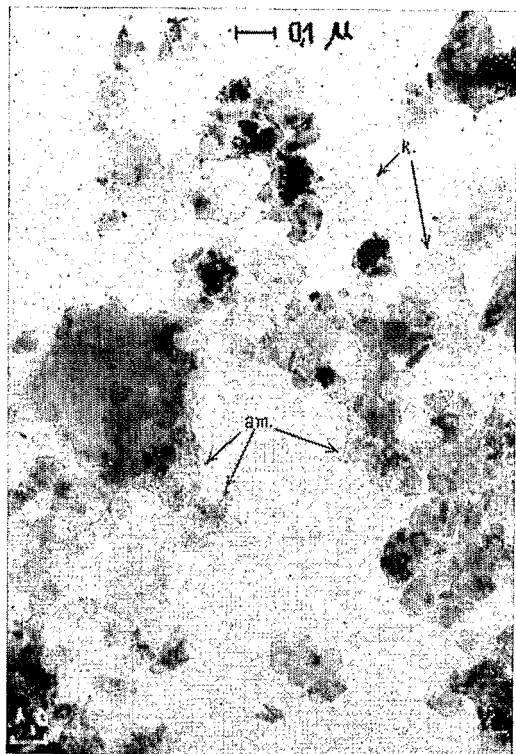
- k. Kaolinite désordonnée selon b.
- h. : Halloysite.
- m.h. : Métahalloysite.
- a. : Anatase.
- a.m. : Produits amorphes.

1. Echantillon SND 239/2 :  
*Plaquettes hexagonales de kaolinite désordonnée selon b et formes tubulaires éclatées de métahalloysite (cliché Jehl).*



2. Echantillon SND 239/2 :  
*Formes glomérulaires d'halloysite et formes tubulaires éclatées de métahalloysite (cliché Jehl).*

3. Echantillon SND 234 :  
*Formes pseudo-hexagonales de kaolinite désordonnée selon b et amas de produits amorphes ferriques et alumineux (cliché Eberhart).*



4. Echantillon SND 234 :  
*Formes tubulaires éclatées et corrodées de métahalloysite. Amas de produits amorphes ferriques et alumineux. Paquet d'anatase altéré (cliché Jehl).*

deux à trois fois plus longues que larges, qui correspondent à la métahalloysite et des formes glomérulaires d'halloysite d'environ  $0,4 \mu$  de diamètre.

**SND 234** : La photographie n° 3 nous montre des plaquettes pseudo-hexagonales à hexagonales de  $0,02$  à  $0,2 \mu$  ; celles-ci sont enrobées d'amas granulaires qui les cimentent plus ou moins, il est vraisemblable que ces produits sans forme précise correspondent à la gibbsite et aux hydrates de fer et les plaquettes à la kaolinite p.m. La photographie n° 4 nous montre les formes tubulaires de la métahalloysite, petites et corrodées, entourées des mêmes masses irrégulières.

#### IV. — INTERPRETATIONS

Dans le Centre-Cameroun, les processus d'altération ont formé d'épais sols ferrallitiques typiques, à partir des basaltes quaternaires.

##### A. — ZONE REDUCTRICE PROFONDE ET ZONE OXYDEE SUPERIEURE

Ces sols ferrallitiques montrent deux zones très différentes :

— Dans la moitié inférieure des profils le milieu est réducteur. La roche altérée de couleur bleuâtre est constamment humide et lentement drainée.

— Dans la partie supérieure, le milieu devient franchement oxydant. Il est bien drainé et soumis périodiquement à de longues dessiccations.

Dans les horizons profonds, à structure conservée, les minéraux primaires de la roche-mère sont déjà totalement détruits. Les phyllites néo-formées sont essentiellement l'halloysite et la métahalloysite, comme dans les sols plus jeunes de la même zone climatique (Sieffermann et Millot, 1968). Il y a peu ou pas de produits amorphes et pas de gibbsite.

Dans la moitié supérieure des profils, la teneur en phyllites diminue, principalement par la destruction de la métahalloysite. Corrélativement la kaolinite désordonnée augmente, tandis que des quantités non négligeables de produits amorphes apparaissent. De plus la gibbsite naît en quantité abondante.

L'opposition entre ces deux zones se révèle déjà par la transformation des magnétites et maghémities inférieurs en hématite. Elle se traduit de plus par un changement radical des minéraux argileux et alumineux dominants.

##### B. — GENESE DE LA GIBBSITE

Ces faits indiquent une genèse de la gibbsite dans les horizons supérieurs des profils et deux hypothèses sont possibles :

— La première consiste à attribuer la gibbsite à une période de pédogenèse ancienne, où ce minéral naissait directement à partir des gels provenant de la destruction des feldspaths et des minéraux alumineux. Ainsi les horizons à gibbsite seraient le souvenir d'une étape jeune d'altération, suspendue aujourd'hui par approfondissement du sol.

Cette hypothèse ne sera pas retenue ici, car on sait (SIEFFERMANN et MILLOT, 1968) que, dans la même région climatique, les sols jeunes sur basaltes encore riches en feldspaths, d'un ou deux mètres d'épaisseur, ne forment que de l'halloysite et de la métahalloysite. Aucune gibbsite n'apparaît, même en position d'excellent drainage.

La deuxième hypothèse consiste à faire naître la gibbsite à partir des produits de dégradation de la métahalloysite. Cette hypothèse rend compte correctement des faits d'observation : destruction de la métahalloysite, augmentation des amorphes alumineux et développement important de la gibbsite, et ceci en l'absence de tout minéral primaire alumineux.

Cette genèse de gibbsite dans les sols à partir de minéraux argileux a déjà été envisagée par différents auteurs (SHERMAN 1950, BATES 1960, SEGALIN 1957, BONIFAS 1960).

### C. — LES MECANISMES : DESATURATION ET DESSICCATION

Si l'on cherche à pénétrer les mécanismes plus avant on peut reconstituer deux évolutions successives et parallèles : la dégradation de la métahalloysite en gels amorphes et la cristallisation de la gibbsite au sein et à partir de ces gels. Ceci est pour nous vraisemblable car il a pu être montré que la gibbsite naît directement à partir des gels dans les sols jeunes provenant de l'altération de basaltes dans un milieu maintenu désaturé en permanence par la pluviosité exagérée du flanc ouest du Mont Cameroun (SIEFFERMANN, JEHL et MILLOT 1968), et ceci malgré une réserve minérale importante.

La désaturation apparaît ici à nouveau comme un facteur essentiel qui a été souligné par de nombreux auteurs (GASTUCHE et HERBILLON, 1962 ; MILLOT, 1964 ; PEDRO et LUBIN, 1968 ; SEGALIN, 1965). Certains facteurs de désaturation peuvent intervenir dans ces profils en plus des percolations des eaux de pluie à la saison humide :

— Teneurs non négligeables en acides fulviques : il subsiste 2 g de ces acides par kilogramme de terre à 2 m de profondeur ;

— Teneur en CO<sub>2</sub> des eaux de percolation, entretenue par la décomposition des matières organiques dans les horizons de surface de ces sols tropicaux ;

— Teneur en acide azotique non négligeable dans les précipitations. Celui-ci est issu des décharges atmosphériques très fréquentes dans ces régions (mesures inédites de SUSINI J., Yaoundé).

Un facteur supplémentaire doit à notre avis être évoqué : celui de la dessiccation saisonnière qui, dans ces régions, dure cinq mois. En effet, nous connaissons près de Victoria, au Sud-Ouest du Cameroun, des sols analogues, riches en halloysite et métahalloysite et qui n'engendrent pas de gibbsite. Or les caractères physico-chimiques sont identiques et leur désaturation est au moins aussi poussée, mais la différence essentielle est qu'ils sont humides toute l'année. Ainsi une dessiccation prolongée agissant sur des minéraux désordonnés comme la métahalloysite comportant de nombreuses couches d'eau entre ses feuillettes la rendrait vulnérable aux hydrolyses des saisons humides.

Dans cette voie, on pourrait établir un lien entre métahalloysite et gibbsite dans les zones à climats alternés et il est nécessaire de souligner que les grands gisements de bauxites se trouvent sur des roches basiques qui engendrent préférentiellement des métahalloysites au cours de leurs premières phases d'altération.

## CONCLUSIONS

Des sols profonds ferrallitiques sont étudiés sur des basaltes quaternaires anciens de l'Adamaoua au Cameroun Central.

La moitié inférieure de ces profils d'altération qui sont souvent épais d'une dizaine de mètres montre un basalte altéré, tendre et bleuâtre, à structure conservée, et correspond à un milieu réducteur. Elle contient un peu d'halloysite, de la kaolinite désordonnée et beaucoup de métahalloysite.

La moitié supérieure de ces profils de sols est oxydée, rouge. La fraction argileuse est caractérisée par la disparition de l'halloysite, la diminution de la métahalloysite, l'augmentation relative de la kaolinite et l'apparition de la gibbsite dans une proportion de 0 à 30 %.

La genèse de cette gibbsite est interprétée comme le résultat de la dégradation de la métahalloysite. Les facteurs principaux de cette néoformation de gibbsite sont une intense désaturation du milieu liée à une dessiccation saisonnière.

(Reçu pour publication : juillet 1968.)

## CLAY-MINERAL EVOLUTION AND DEGRADATION IN THE FERRALLITIC OLD SOILS ON BASALTS FROM CENTRAL-CAMEROON

SIEFFERMANN G., BESNUS Y. and MILLOT G.

## SUMMARY

*The study concerns typical ferrallitic soils, which are thick and developed from Quaternary basalts on the high plateaux from Central Cameroon.*

*After a short presentation of the ecologic factors of the soils and of their physico-chemical characteristics, the study of the clay fraction is longer taken up, by means of chemical and thermal analyses, of X-ray diffraction and of electron microscopy.*

*In the lower part of profiles, the clay minerals which are pointed out, are halloysite and metahalloysite; in the upper part of profiles, occur disordered kaolinite, metahalloysite, gibbsite, and amorphous ferruginous and aluminous gels.*

*In the upper part of these soils, metahalloysite is degraded and gives rise to amorphous alumina; gibbsite seems to be born of these gels.*

## BIBLIOGRAPHIE

- BACHELIER G., 1954. — Etude pédologique de la plaine de la Vina. Publ. I.R. CAM P. 42, 12 pp., 1 carte au 1/50.000<sup>e</sup>.
- BACHELIER G., 1954. — Etudes pédologiques diverses dans la région de N'Gaoundéré et de Meiganga. Publ. I.R. CAM P. 42, 33 pp.
- BACHELIER G., 1955. — Carte pédologique de Lao-Panga. Publ. I.R. CAM P. 62, 11 pp., 1 carte au 1/50.000<sup>e</sup>.
- BACHELIER G., 1957. — Carte pédologique au 1/50.000<sup>e</sup> de la zone du volcanisme récent au sud-est de N'Gaoundéré. Publ. I.R. CAM P. 84, 27 pp., 1 carte au 1/50.000<sup>e</sup>.
- BATES T.F., 1960. — Halloysit and Gibbsite formation in Hawaii. 9<sup>th</sup> National Conference on Clays and Clay Minerals, vol. 11, p. 315-328.
- BONIFAS M., 1959. — Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr. (thèse), 17, 159 p.
- GASTUCHE M.C. et HERBILLON A., 1962. — Etude des gels d'alumine: cristallisation en milieu désionisé. Bull. Soc. Chim. Fr., 7, p. 1.404-1.412.
- HENIN S. et CAILLERE S., 1963. — Minéralogie des argiles. Masson, Paris, 355 pp., 47 fig., 6 planches.
- HUMBEL F.X., 1966. — Contribution à l'étude géomorphologique de l'Adamaoua. Publ. I.R. CAM P.155, 27 pp.
- HUMBEL F.X., 1966. — Etude de certains sols rouges à sables quartzeux de l'Adamaoua. Publ. I.R. CAM P. 147, 19 pp.
- LAPLANTE A. et BACHELIER G., 1953. — Introduction à la pédologie de l'Adamaoua. Publ. I.R. CAM P. 84, 40 pp.
- LASSERRE M., 1959. — Notice explicative des feuilles N'Gaoundéré-Est et Bossangoa-Ouest. Publ. Service des Mines du Cameroun.
- MILLOT G., 1964. — Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 pp.
- PEYCROT A., GASTUCHE M.-G., DE'VIGNE J., VIEILVOYE L. et FRIPIAT J.-J., 1962. — L'altération des roches et la formation des sols au Kivu (Rép. du Congo). Publ. I.N.E.A.C. Ser. Scientif. n° 07, Bruxelles, 92 p.
- PEDRO G. et LUBIN J.-Cl., 1968. — Sur l'évolution des gels aluminosiliciques en milieu lessivé, influence de la nature des agents d'altération sur l'édification de boehmite ou de gibbsite au sein des produits éluviaux. C.R. Ac. Sc. F1, 266, pp. 551-554.
- SEGALEN P., 1957. — Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. Mém. Inst. Rech. Sci. Madag., (thèse), D, VIII, 1-181.
- SEGALEN P., 1965. — Les produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide. Cahier O.R.S.T.O.M. pédol., vol. III, fasc. 3, pp. 179-205.
- SEGALEN P., 1968. — Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes. Publication O.R.S.T.O.M., 29 p.
- SHERMAN G.D., 1950. — Gibbsite-rich soils of the Hawaiian Islands. Univ. Hawaii Agr. Expt. Sta. Bull. 116, pp. 1-23.
- Cameroun. Bull. Groupe Français des Argiles, T. XX, 1 pp., 25-38.
- SIEFFERMANN G. et MILLOT G., 1968. — L'halloysite des sols jeunes sur basaltes récents du Centre-SIEFFERMANN G., JEHL G. et MILLOT G., 1968. — Allophanes et minéraux argileux des altérations des basaltes du Mont-Cameroun. Bull. Groupe Français des Argiles, T. XX, 2 (à paraître).
- THOMANN Ch., 1963. — Quelques observations sur l'extraction de l'humus dans les sols; méthode au pyrophosphate de sodium. Cahiers O.R.S.T.O.M., Pédologie n° 3, p. 43-72.
- TRICHET J., 1968. — Etude des premiers stades d'altération d'un verre volcanique, 5 p.

Peds.

Extrait de « Science du Sol » — N° 2, 1968 — Supplément au Bulletin  
de l'Association Française pour l'Etude du Sol

# Evolution et dégradation des phyllites dans les vieux sols ferrallitiques sur balsates du Centre-Cameroun

par SIEFFERMANN G., [BESNUS Y.] et [MILLOT G.]

O. R. S. T. O. M. FUNDUS DOCUMENTARIUS

N° : 13675

Cote : B 87

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 13675

25 JAN 1970