

Lecl.

ALLOPHANES ET MINERAUX ARGILEUX DES ALTERATIONS  
RECENTES DES BASALTES DU MONT CAMEROUN

Par G.SIEFFERMANN, [G.JEHL] et [G.MILLOT]  
Institut de Géologie, Strasbourg

Résumé - Deux séries de sols jeunes sur basaltes sont étudiées. La première évolue sous très fortes précipitations (10m) sans saison sèche, la seconde sous des précipitations moindres avec une courte période sèche.

Après une brève présentation des sols et des indications analytiques, l'étude de la fraction argileuse est abordée par voie chimique, thermique, par les rayons X et la microscopie électronique.

Dans la première série, les allophanes évoluent vers la gibbsite et de petites quantités de kaolinite bien cristallisée; les profils contiennent dans leur partie supérieure de nombreuses diatomées, la silice de ces dernières joue un rôle dans la formation des minéraux argileux. Dans la seconde série, les allophanes, souvent d'aspect fibrillaire, évoluent vers l'halloysite et la métahalloysite.

La répartition de la pluviosité et la composition cationique de la réserve minérale du sol semblent être les facteurs qui orientent les néoformations.

Abstract - Allophanes and clay minerals in the weathered products of basalts from Mont Cameroun (Cameroon, Africa).

Two series of young soils developed from basalts were studied.

The first series evolves under high rainfall (10m), the second one under lower rainfall, with a short dry season.

After a short presentation of the soils studied and of analytical informations, the study of the clay fraction is carried on by means of chemistry, differential thermal analysis, X-ray diffraction and electron microscopy.

In the first series, allophanes, chiefly flocky, evolve toward gibbsite and small amounts of well-crystallized kaolinite. The profiles contain many Diatoms in their upper part; the silica of these Diatoms plays a role in the neoformation of clay minerals. In the second series of soils, allophanes occurring often in the form of fine fibrous particles evolve toward halloysite and metahalloysite.

The distribution of rainfall and the cationic composition of the mineral reserve of soils seem to be the factors governing the neoformations of clay minerals.

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 13673

Cote : B

- 5 JAN. 1970

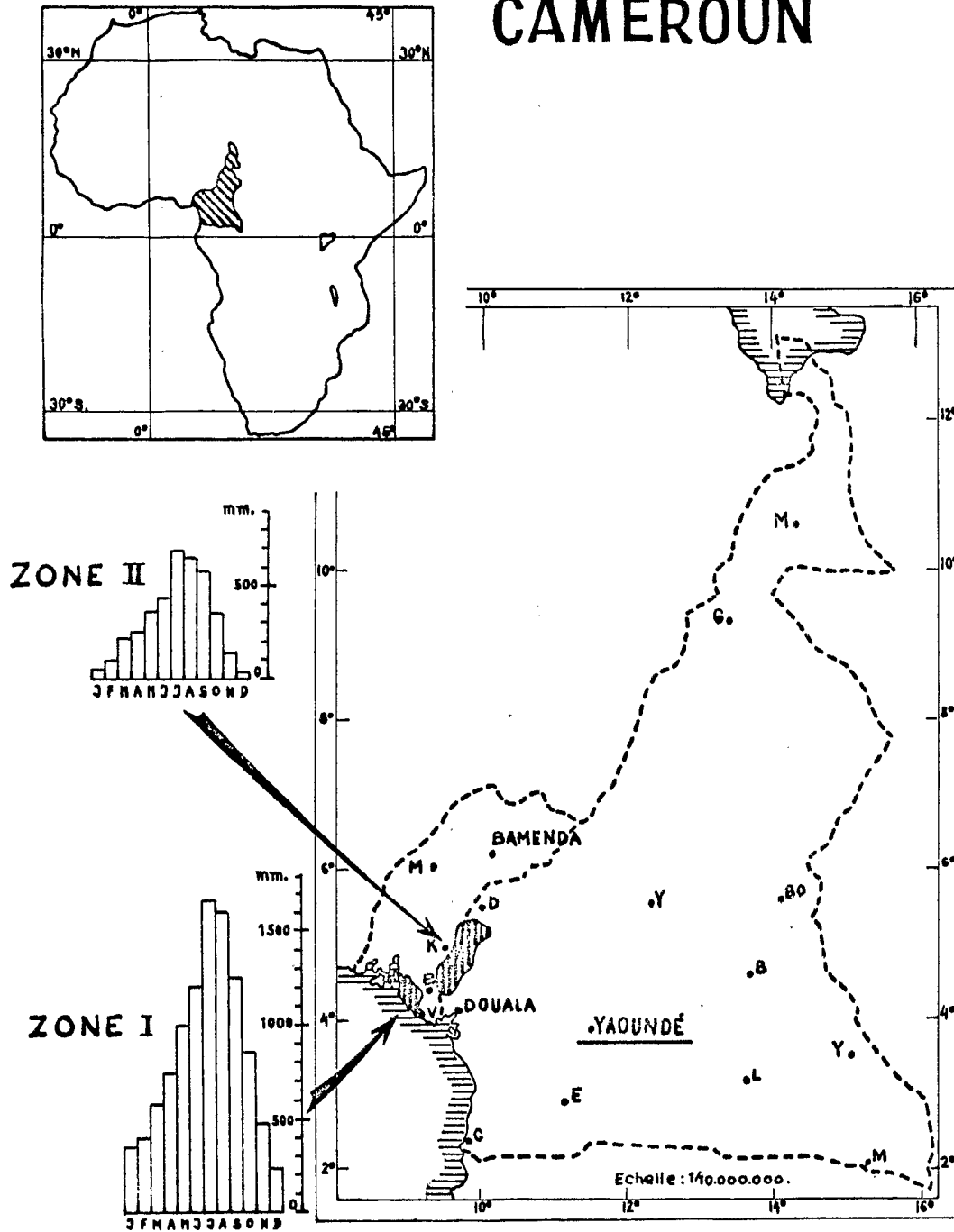
O. R. S. T. O. M.

88 Collection de Référence

n° 13673

Figure 1

# CAMEROUN



SITUATION DES ZONES ET PLUVIOSITÉ

## I INTRODUCTION

La présente note concerne l'évolution de la fraction minérale de sols jeunes, sous différents faciès de climat équatorial dans le sud-ouest du Cameroun et au mont Koupé. Tous les profils choisis se développent à partir de basaltes quaternaires qui se présentent soit sous la forme de coulées fluides, soit sous forme de produits pyroclastiques.

Un premier groupe de quatre profils se situe au pied du flanc ouest du Mont Cameroun (figure 1) et évolue sous le climat équatorial de la Baie de Bibundi qui se caractérise par des précipitations abondantes comprises entre 10 et 12 mètres. La saison sèche est totalement inexistante (zone I, figure 1).

Un second lot de quatre profils se situe au flanc sud et est du Mont Cameroun et du Mont Koupé et évolue sous un climat équatorial moins humide (2,5 à 6 m) qui se distingue essentiellement du précédent par une saison relativement sèche entre novembre et mars (zone II, figure 1).

La température moyenne annuelle varie peu; pour la plupart des profils, elle se situe entre 27 et 29°; seuls deux profils situés à 700 m d'altitude au Mont Koupé évoluent sous 23° de température moyenne (AS 85 et BS 41).

L'intérêt de ces sols réside dans leur jeunesse et dans la nature de leur fraction minérale riche en allophanes. Ils doivent nous permettre de saisir les premières étapes de la formation des minéraux argileux par altération des basaltes dans le milieu équatorial humide.

### Vocabulaire :

Le terme allophane désigne ici les produits amorphes silico-alumineux dont le rapport mol.  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  varie de 0,9 à 1,9. Le terme halloysite désigne l'halloysite hydratée ou hydrohalloysite à 10 Å. Le terme métahalloysite désigne l'halloysite déshydratée à 7,3 Å (BRINDLEY et Coll. 1966), (CAILLERE et HENIN, 1963)

## II LES PROFILS DE LA ZONE LA PLUS PLUVIEUSE (Zone 1)

### 1) LES PROFILS

Les sols étudiés dans la zone à forte pluviosité sont tous situés en position de bon drainage. Ce sont des sols à profil de type A, (B), C.

- L'horizon A, de 20 à 50 cm d'épaisseur, est brun gris foncé à brun rouge foncé, à teneur élevée en matière organique.
- L'horizon (B) est légèrement plus clair, mais il contient encore de la matière organique; au toucher, il paraît limoneux, il est humide et plastique entre les doigts. La porosité est toujours bonne.
- L'horizon C se réduit à quelques centimètres sur les coulées basaltiques : il est plus épais dans les sols formés sur scories basaltiques fines.

Tableau I

en % de terre séchée à 110°

Ech. n°	Horizons	prof cm.	en % de terre séchée à 110°													PERTE 20-110°	rapp molec. 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>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mat. Organ.	PERTE 110/1000°	Σ		
BUE 81	A	10	29.3	18.1	4.8	3.8	17	0.36	4.11	0.1	0.05	0.88	9	13.6	101	12.8	
BUE 81	< 2μ		22.3	34.4	0.76	0.39	20.9	0.19	5	0.02	0.02	0.3		13.6	97.9	15.7	1.1
BUE 82	(B)	95	27.5	20.1	6.4	3.5	21.5	0.28	5.19	0.04	0.03	0.81	4	12.9	102	15.4	
BUE 82	< 2μ		19	26	1.7	0.9	29.4	0.15	5.1	0.01	0.02	0.3		16.1	98.6	17.2	1.2
BUE 83	C	135	29.5	20.2	5.1	4.9	20.6	1.64	4.67	0.31	0.11	1	1.4	11.5	101	17.4	
BUE 83	< 2μ		16.9	28.2	1.7	0.8	27.8	0.53	6	0.02	0.04	0.5		15.8	98.3	18.1	1.02
TKO 21	A	10	29.8	17.7	4.4	5.2	16.1	0.34	4.12	0.26	0.39	1.2	7	13.4	99.9	7.03	
TKO 21	< 2μ		24.6	32.3	0.9	0.6	19.2	0.18	4.65	0.14	0.09	0.6		16.5	99.7	13.4	1.29
TKO 22	(B)	60	20.3	24.1	2.6	2.2	19.3	0.39	4.8	0.12	0.67	1.15	6	18.3	99.9	9.98	
TKO 22	< 2μ		20.5	30	1.56	0.7	24.1	0.17	5.7	0.02	0.05	0.6		15.2	98.6	11.5	1.16
TKO 23	Roche-mère		38.3	19.7	6.5	8.75	14.7	0.26	3.6	2	1	0.6		4.8	100.2	5.9	

ANALYSE DE LA TERRE TOTALE ET DE LA FRACTION INF. A 2μ DES HORIZONS  
DES PROFILS BUE 8 ET TKO 2 (ZONE TRES PLUVIEUSE)

note : la perte 110/1000° ne comprend pas la matière organique.

Tout le sol contient une réserve appréciable de minéraux altérables sous forme de petits blocs de basalte ou de scories en voie d'altération.

## 2) CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DE CES PROFILS

### A - GRANULOMETRIE - MATIERE ORGANIQUE

A l'analyse mécanique classique, la texture se montre généralement sableuse avec moins de 15 % d'argile et moins de 20 % de limon.

Les taux de matière organique sont élevés et décroissent de haut en bas : 10 à 15 % en surface, 2 à 7 % à 60 cm de profondeur, 2 % encore à la base du profil. Le C/N est partout bas et se situe entre 7 et 8.

### B - CAPACITE D'ECHANGE - BASES ECHANGEABLES - DEGRE DE SATURATION - pH

La capacité d'échange de la terre fine oscille dans l'horizon A entre 20 et 32 méq. % et autour de 20 méq. % dans l'horizon B.

La somme de bases échangeables varie en surface entre 3 et 10 méq. % et en profondeur entre 1 et 4; il en résulte un taux de saturation faible qui peut descendre à 5 % dans l'horizon B.

Le pH de surface se situe entre 5 et 6; il augmente légèrement avec la profondeur, mais ne dépasse pas 6,4.

### C - EXAMEN DE LA FRACTION MINERALE

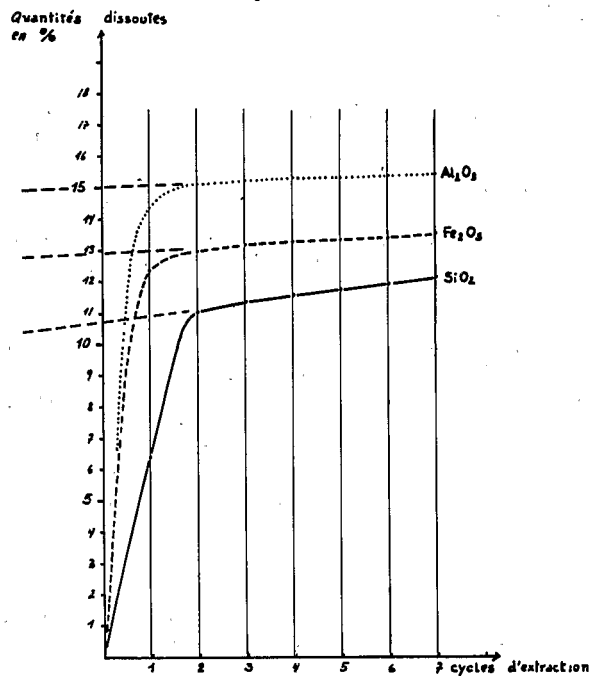
La fraction minérale a été étudiée par voie chimique (analyse totale et dosage des éléments amorphes) et par des méthodes physiques (mesures de surfaces spécifiques, analyse thermique différentielle, diffraction de rayons X, microscopie électronique).

#### a) Analyse chimique (tableau I)

Les analyses chimiques de la fraction inférieure à 2 $\mu$ , effectuées par spectroquantomètre, nous montrent que les rapports moléculaires SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont compris entre 1 et 1,3 et laissent prévoir la présence de gibbsite ou d'allophanes. La perte entre 20 et 110° de 11 à 18 % d'eau fait penser aux allophanes. La teneur en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de l'extrait 2 $\mu$  est élevée et peut atteindre 29 %.

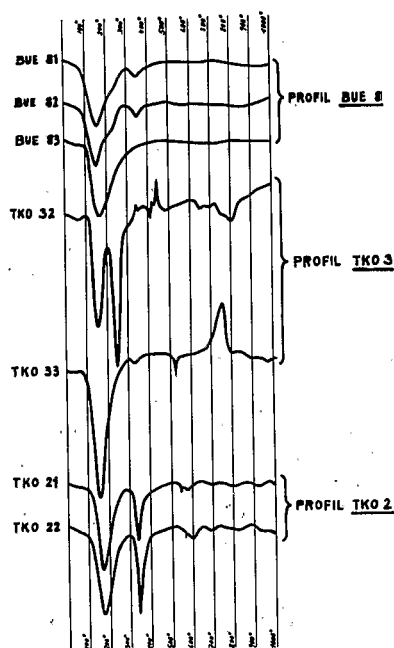
Les analyses chimiques de la terre totale nous montrent une réserve importante en minéraux non altérés dans tous les horizons.

Figure 2



COURBES D'EXTRACTION OBTENUES SUR LA FRACTION INF. A 200<sup>μ</sup> DE L'ECHANTILLON BUE 83.

Figure 3



DIAGRAMMES D'ANALYSE THERMIQUE DE LA FRACTION INF. A 2<sup>μ</sup> DES PROFILS DE LA ZONE TRES PLUVIEUSE

### *b) Dosage des éléments amorphes*

Les éléments amorphes ont été dosés par la méthode cinétique mise au point par SEGALIN (1968). L'échantillon est mis en contact alternativement avec HCl 8N et NaOH 0,5N. On dose après chaque traitement les éléments extraits dans les solutions. On dresse ensuite la courbe cumulative de l'élément extrait en fonction du temps d'attaque (figure 2 - BUE 83).

Le pourcentage d'éléments amorphes est déterminé par l'ordonnée à l'origine de la partie rectiligne de la courbe.

La composition de la fraction amorphe de BUE 83 est de 23 % de silice, 32 % d'alumine, 27 % d'hydroxydes de fer et 18 % d'eau.

### *c) Mesures de surface spécifique*

Les mesures de surface spécifique effectuées sur terre totale et sur extrait  $2\mu$  nous donnent pour l'inférieur à  $2\mu$  des valeurs plus élevées que celles obtenues habituellement pour la kaolinite (30 à 45 m<sup>2</sup>/g), l'halloysite (70 - 140 m<sup>2</sup>/g) et les montmorillonites (60 - 120 m<sup>2</sup>/g). On peut atteindre 410 m<sup>2</sup>/g sur l'extrait inférieur à  $2\mu$  et 330 m<sup>2</sup>/g sur la fraction inférieure à  $250\mu$ .

### *d) Analyse thermique différentielle*

La figure 3 groupe les courbes de l'analyse thermique différentielle de la zone pluvieuse. Sur tous les échantillons, un crochet endothermique culminant entre 130 et 180° permet de penser à une quantité importante de produits amorphes. Le profil TKO2, et en moindre importance les autres profils nous montrent le crochet endothermique caractéristique de la gibbsite (vers 340°). Le phénomène endothermique faible entre 550 et 600° dans le profil TKO2 est à attribuer, comme nous le verrons plus bas, à une petite quantité de kaolinite. Dans le profil TKO3, nous observons entre 240 et 250° un crochet endothermique que nous ne savons pas pour l'instant attribuer.

### *e) Diffraction des rayons X*

Les extraits inférieurs à  $2\mu$  des profils cités ont été examinés par diffraction de rayons X. Les résultats obtenus confirment en gros les données de l'analyse thermique. Les diagrammes montrent une large bosse de diffraction centrée sur 3,5 Å qui correspond aux amorphes silico-alumineux. Tous les profils montrent une certaine quantité de kaolinite très bien cristallisée, et de petites quantités d'un minéral à 14 Å qui gonfle avec l'éthylène-glycol à 16,5 Å et qui se rabat partiellement à 10 Å au chauffage à 200°.

On observe dans tous les échantillons de la gibbsite en petites quantités; celle-ci devient plus importante dans le profil TKO2, le plus évolué que nous avons étudié dans la zone pluvieuse.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de raies caractéristiques des produits allophaniques.

### *f) Microscopie électronique*

Différents faciès sont observables par microscopie électronique.

- Des amas irréguliers, d'aspect souvent floconneux et piquetés de petits granules (planche I, figures 1 et 2), que l'on peut interpréter comme allophanes, comme l'ont fait de nombreux auteurs : BIRREL et FIELDS (1952), AOMINE et YOSHINAGA (1955), SUDO et TAKAHASHI (1955), FIELDS et al. (1955, 1966), AOMINE et WADA (1962), ALONSO et al. (1963), CHUKROV et al. (1963, 1964), GIUSEPPETTI et al. (1963), ROBERTSON (1963), KIRKMAN, MITCHELL et MACKENZIE (1966), COLMET-DAAGE et al. (1967), WADA (1967), YOSHINAGA et al. (1968).

On n'observe jamais de formes sphériques d'halloysite, jamais de tubes et pas d'allophane fibreuse.

- Dans tous les profils, des plaquettes plus ou moins hexagonales correspondent aux petites quantités de kaolinite néoformée (planche I, figure 4, et planche II, figure 5).

- On observe fréquemment des amas structurés, en fines lamelles, qui pourraient correspondre à la montmorillonite décelée aux rayons X (planche I, figure 3).

- Tous ces sols contiennent dans leur partie supérieure de nombreuses diatomées (planche II, figure 6). Les débris de leurs tests forment souvent plus de 10 % de la fraction inférieure à 2 $\mu$ ; on en trouve jusque vers 50 cm de profondeur. Les débris de tests inférieurs à 0,2 $\mu$  sont fréquents (planche II, figure 7). On rencontre des morceaux de tests à tous les stades de dissolution (planche II, figure 8).

### 3) LEÇON

Dans ces profils qui évoluent sous une pluviosité et une température élevée, les minéraux de la roche mère sont dissous rapidement, avec formation d'une quantité notable de produits amorphes silico-alumino-ferrugineux d'un rapport moléculaire SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compris entre 1 et 1,5. Il subsiste dans tous les profils une importante réserve en minéraux non encore hydrolysés. La teneur souvent élevée en gibbsite, dans les stades les plus évolués de ces sols jeunes, serait liée à la bonne évacuation de la silice et à sa dilution dans les solutions du sol. Dans ces conditions, la gibbsite cristallise, alimentée par l'alumine des produits amorphes. Une certaine quantité d'alumine se combinerait à la silice très diluée des solutions, dans ce milieu à faible concentration cationique, pour donner une kaolinite s.s. très bien cristallisée, et ceci notamment au contact des débris de diatomées en voie de dissolution. Les traces du minéral à 14 Å seraient



probablement issues des chlorites d'altération de la roche mère dans la zone inférieure d'altération (LELONG et MILLOT, 1966). La valeur élevée de la surface spécifique est à attribuer à l'allophane.

### III LES PROFILS DE LA ZONE MOINS PLUVIEUSE (Zone II)

Les profils sont encore de type A, (B), C; morphologiquement très semblables aux précédents.

#### 1) CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DE CES PROFILS

##### A - GRANULOMETRIE - MATIERE ORGANIQUE

Comme pour le groupe précédent, les textures sont généralement sableuses avec moins de 15 % d'argile et moins de 25 % de limon. La teneur en matière organique est élevée, et le C/N inférieur à 10.

##### B - CAPACITE D'ECHANGE - BASES ECHANGEABLES - DEGRE DE SATURATION - pH

La capacité d'échange est plus élevée que dans le groupe précédent : 75 - 40 méq. % dans l'horizon A, et 20 à 60 méq. % dans l'horizon B. La somme des bases échangeables et le taux de saturation sont aussi plus élevés que dans le groupe précédent (S : 4 à 20 méq; T : 20 à 75 %).

Le pH, par contre, est semblable et se situe presque toujours entre 5 et 6.

##### C - EXAMEN DE LA FRACTION MINERALE

###### a) Analyse chimique (tableau II)

Les analyses chimiques de la fraction inférieure à 2 $\mu$  nous montrent à la base des profils des rapports SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compris entre 0,9 et 2 et, dans la partie supérieure, des rapports compris entre 1,6 et 2,15; et laissent prévoir des minéraux de la famille de la kaolinite en mélange avec de la gibbsite ou des allophanes.

Comme précédemment, les teneurs en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des extraits 2 $\mu$  sont élevées. Dans la fraction supérieure à 2 $\mu$ , la réserve en minéraux non altérés reste considérable. Le magnésium domine sur le calcium dans le haut des profils.

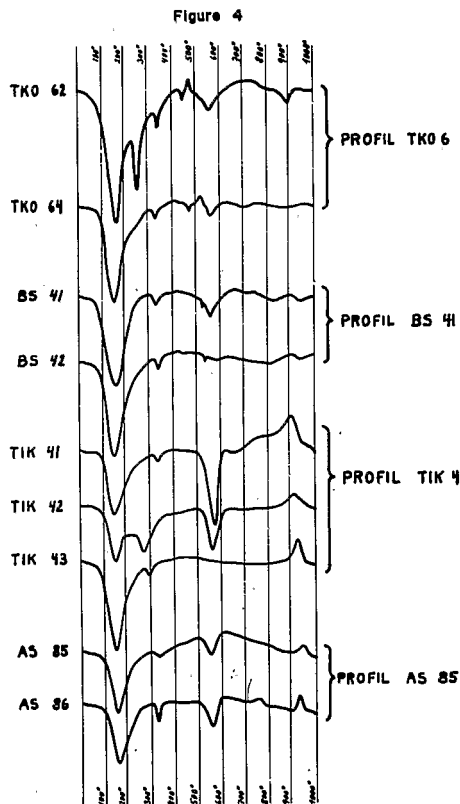
Tableau II

en % de terre séchée à 110°

Ech n°	Horizons	Prof. Cm.	en % de terre séchée à 110°													PERTE 110-140°	PERTE 80-110°	rap. 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>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mat. Organ.	PERTE 110-140°	Σ			
BS 41	A	10	24.0	19.6	3.15	0.55	15.6	0.33	1.24	0.16	0.23	0.95	17.3	14.26	97.37	13.4	1.6	
BS 41	< 2μ		27.0	28.8	0.81	0.25	18.4	0.19	4.0	0.02	0.12	0.79		17.1	97.5	15.4		
BS 42	(B)	30	26.4	21.8	8.4	2.6	20.6	0.29	4.7	0.26	0.52	0.75	2.8	11.8	100.9	13.2	0.95	
BS 42	< 2μ		19.9	35.9	0.77	0.63	21.8	0.18	4.3	0.03	0.06	0.65		13.9	97.9	15.7		
AS 85	A	10	29.1	18.2	3.0	1.2	13.4	0.29	3.1	0.1	0.12	0.72	19.2	12.1	100.5	12.5	2.15	
AS 85	< 2μ		32.6	26.0	1.56	0.93	16.2	0.27	3.4	0.02	0.06	0.59		15.5	97.1	18.2		
AS 86	(B)	50	30.8	21.6	2.7	1.8	13.8	0.48	3.6	0.1	0.09	0.68	9.2	13.6	98.5	13.8	1.72	
AS 86	< 2μ		29.2	28.8	1.43	0.69	17.9	0.37	4.2	0.03	0.06	0.65		14.9	98.2	15.7		
TIK 41	(B)	65	37.3	27.1	1.8	0.95	11.6	0.24	2.6	0.05	0.09	0.8	2.4	13.5	98.4	8.2	2.05	
TIK 41	< 2μ		36.8	30.4	0.42	0.15	10.9	0.07	2.92	0.03	0.06	0.9		14.3	96.9	9.5		
TIK 43	C	180	49.7	24.3	3.2	2.12	7.9	1.24	1.18	0.48	0.32	0.87	†	9.4	100.7	7.9	2.0	
TIK 43	< 2μ		39.9	33.7	1.58	1.82	4.8	1.01	1.39	0.17	0.10	0.98		13.2	98.7	16.3		

ANALYSE DE LA TERRE TOTALE ET DE LA FRACTION INF. A 2μ DES HORIZONS DES PROFILS DE LA ZONE MOINS PLUVIEUSE

note : la perte 110/1400° ne comprend pas la matière organique.



DIAGRAMMES D'ANALYSE THERMIQUE DE LA FRACTION INF. A 2μ DES PROFILS DE LA ZONE MOINS PLUVIEUSE

### *b) Mesures de surface spécifique*

Les mesures de surface spécifique nous donnent, comme précédemment, des valeurs élevées à la base des profils (140 à 400 m<sup>2</sup>/g); par contre, les hauts des profils montrent des valeurs plus faibles, voisines de celles obtenues d'habitude pour la métahalloysite.

### *c) Analyse thermique différentielle*

La figure 4 groupe les diagrammes d'analyse thermique des profils de la zone moins pluvieuse. Tous les profils montrent, par un crochet endothermique vers 160°, une quantité encore importante de produits amorphes. Un crochet endothermique entre 540 et 600° montre dans le haut de tous les profils une quantité appréciable d'un minéral de la famille de la kaolinite. La gibbsite, caractérisée par son crochet à 340°, existe dans tous les profils, mais en quantité moins importante que dans les sols de la zone très pluvieuse.

### *d) Diffraction des rayons X*

Les résultats obtenus à l'aide des rayons X recourent ceux de l'analyse thermique. Tous les profils montrent dans leur partie moyenne de l'halloysite, caractérisée par son pic à 10 Å; et dans leur partie supérieure un mélange d'halloysite, de métahalloysite et de kaolinite désordonnée. La base des profils nous donne des diagrammes peu nets correspondant aux amorphes silico-alumineux. Les profils TKO6 et TIK4 contiennent, dans leur partie supérieure, de petites quantités de montmorillonite.

### *e) Microscopie électronique*

Les profils examinés montrent à la base des allophanes, soit sous la forme de flocons amorphes, comme dans le groupe précédent, soit sous la forme de fines fibrilles (planche III, figure 9), analogues à ceux décrits comme "Imogolite" par différents auteurs : AOMINE et YOSHINAGA (1955), YOSHINAGA et AOMINE (1962 b), AOMINE et WADA (1962), AOMINE et MIYAUCHI (1965), MIYAUCHI et AOMINE (1966), JARITZ (1967), WADA (1967), YOSHINAGA et al. (1968). Parfois on y rencontre déjà quelques tubes et des ébauches de formes planes.

Dans la partie supérieure des profils, on trouve encore des amas de substances mal définies, mais on peut observer cette fois-ci nettement des quantités importantes de tubes et de glomérules d'halloysite (planche III, figures 10, 11 et 12). Il y a remplacement de l'allophane par l'halloysite. (KINOSHITA et MUCHI, 1954; SUDO et TAKAHASHI, 1955; KURABAYASHI et TSUCHIYA, 1960; SIEFFERMANN et MILLOT, 1968 )

## PLANCHE I

- figure 1 — Ech. de la zone I (BUE 83) : faciès floconneux d'allophane avec de petits granules de magnétite (m) (x 100,000)
- figure 2 — Ech. de la zone I (TKO 152) : faciès floconneux d'allophane (x 100.000)
- figure 3 — Ech. de la zone I (BUE 83) : Allophane (a) et amas en fines lamelles (b) probablement montmorillonite (x 100.000)
- figure 4 — Ech. de la zone I (TKO 31) : Allophane (a) et Kaolinite (K) (x 100.000)

PLANCHE I



1

0,1 μm



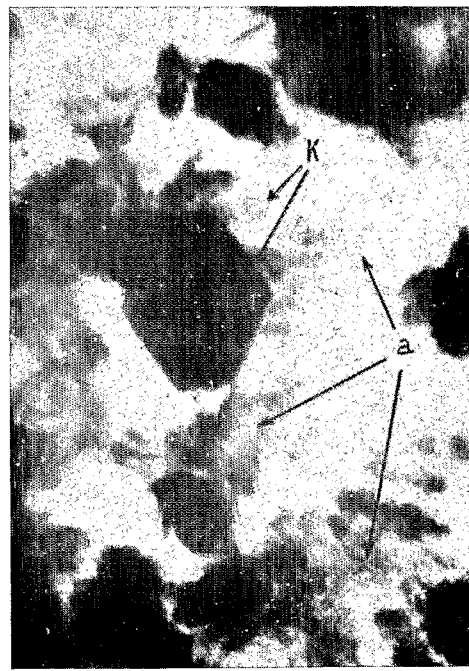
2

0,1 μm



3

0,1 μm



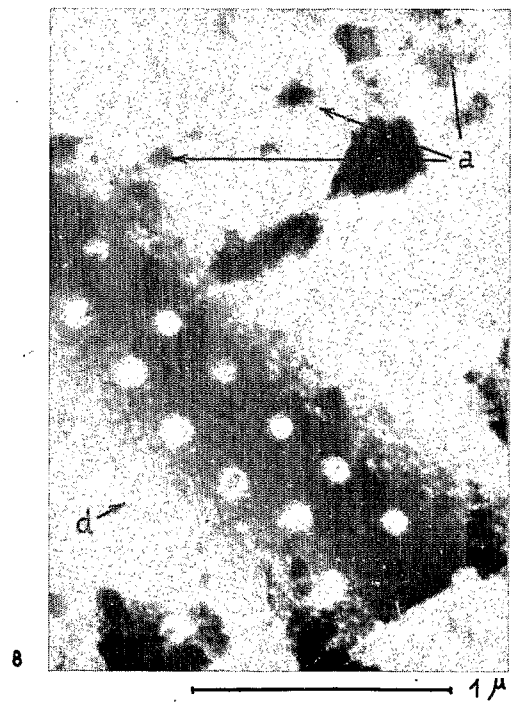
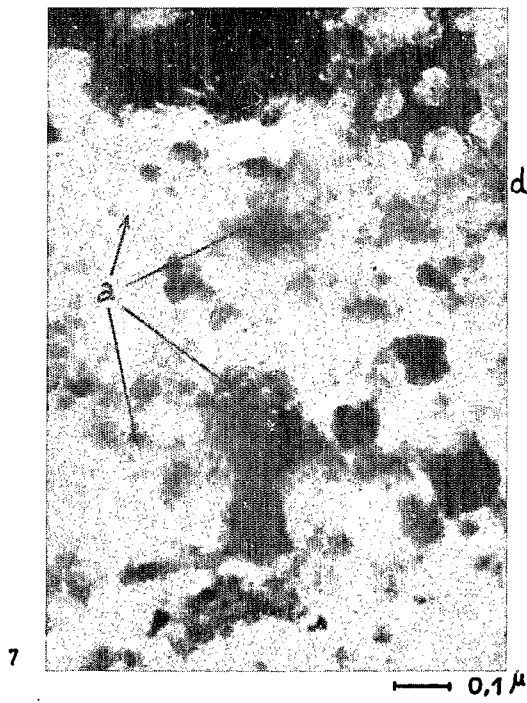
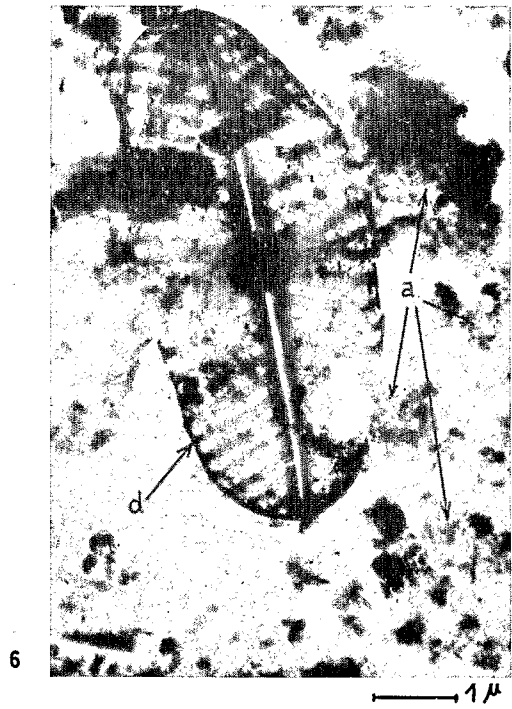
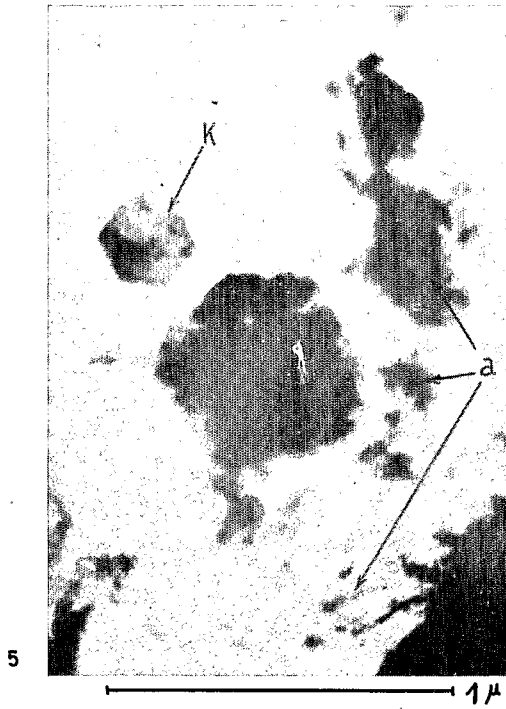
4

0,1 μm

## PLANCHE II

- figure 5 – Ech. de la zone I (TKO 152) : masse d'allophane (a) et kaolinite (K) (x 60.000)
- figure 6 – Ech. de la zone I (TKO 51) : test de diatomée (d) entourée d'allophane (a) (x 14.000)
- figure 7 – Ech. de la zone I (BUE 81) : fragment de diatomée inférieur à 0,2  $\mu$  (d) dans une masse d'allophane (a) (x 100.000)
- figure 8 – Ech. de la zone I (TKO 21) : fragment de diatomée en voie de dissolution (d) entourée d'allophane (a) (x 45.000)

PLANCHE II



## PLANCHE III

figure 9 – Ech. de la zone II (TIK 43) : Allophane fibreuse (Imogolite)  
(x 80.000)

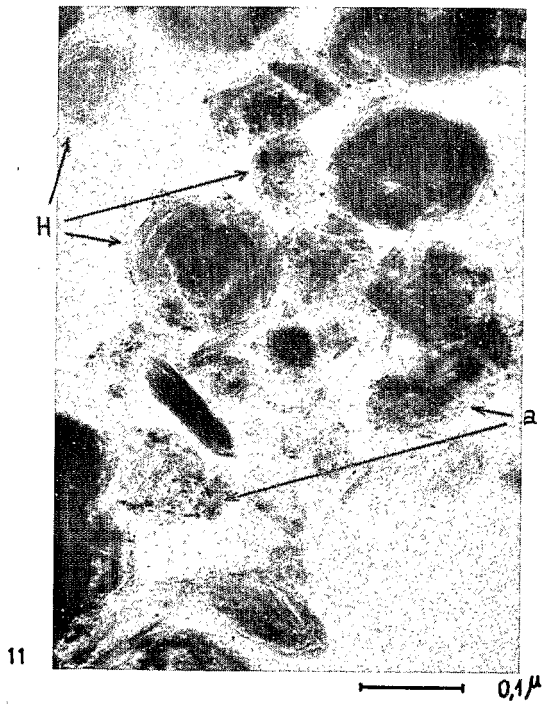
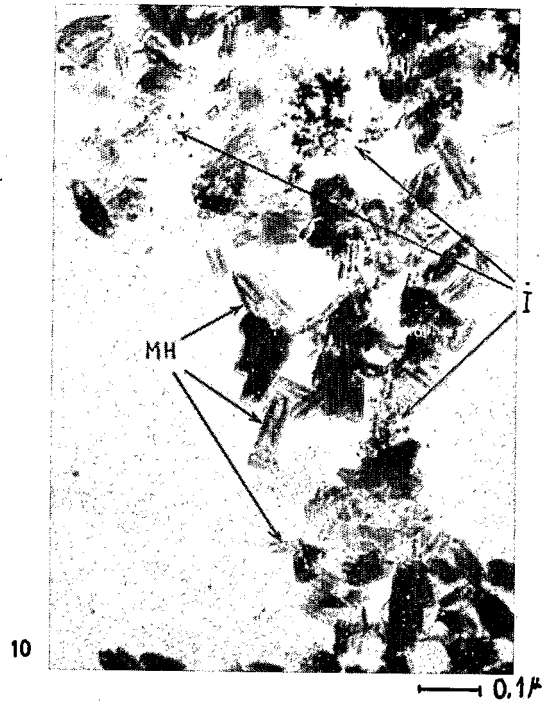
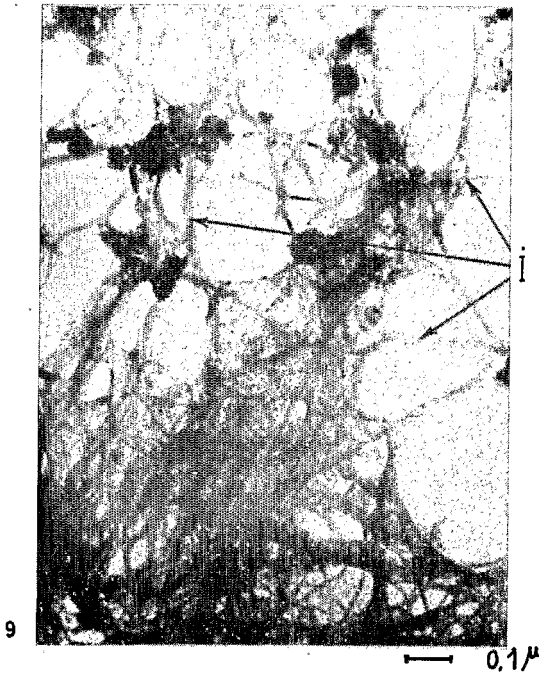
figure 10 – Ech. de la zone II (TIK 41) : Métahalloysite (MH) et fines  
fibrilles (I) qui sont peut-être de l'Imogolite  
(x 110.000)

figure 11 – Ech. de la zone II (TKO 62) : Halloysite glomérulaire (H)  
et produits amorphes (a) (x 170.000)

figure 12 – Ech. de la zone II (TKO 62) : Halloysite glomérulaire (H)  
et tubulaire (t) et plaquettes à bords enroulés (p)  
(x 93.000)



PLANCHE III



## 2) LEÇON

Ces sols sont un peu plus vieux que les précédents. Ils évoluent sous un climat encore très humide, mais qui se distingue par une brève saison sèche; la pédogénèse aboutit rapidement dans le haut des profils à des quantités importantes de phyllites.

Les minéraux formés sont essentiellement l'halloysite et la métahalloysite, de petites quantités de montmorillonite peuvent être présentes. L'halloysite se présente soit en tubes, soit en glomérules.

La base des profils contient encore des quantités appréciables de produits amorphes silico-alumino-ferrugineux, comme le groupe précédent, mais on observe fréquemment des formes en fines fibrilles.

La gibbsite existe, mais s'individualise en quantité moindre que dans le groupe précédent; sa cristallisation à partir de l'alumine des produits amorphes semble freinée par la concentration plus élevée en silice du milieu.

## IV

### CONCLUSION

En climat équatorial, l'altération des basaltes jeunes donne rapidement une quantité importante de substances amorphes hydratées contenant de la silice, de l'alumine et du fer.

Ces substances amorphes évoluent différemment dans les deux milieux naturels ici envisagés :

-- Dans le premier (zone 1), le milieu est bien drainé, constamment humide et percolé par une quantité d'eau considérable (10 à 12 m). Les gels se maintiennent longtemps, mais il y a synthèse d'une quantité appréciable de gibbsite et d'une certaine quantité de kaolinite très bien cristallisée; et ceci spécialement grâce à la silice des diatomées.

-- Dans le second (zone 2), le milieu est encore bien drainé, percolé par une grande quantité d'eau (3 à 6 m), mais une courte période sèche arrête l'entraînement des substances dissoutes en décembre et janvier et provoque leur concentration. Il y a synthèse dans le haut des profils d'une quantité importante d'halloysite et de métahalloysite, au détriment des gels. A la base des profils, on observe fréquemment de l'allophane fibreuse. La présence exclusive de métahalloysite en tubes dans le haut des profils coïncide souvent avec celle d'allophane fibrillaire à la base.

Tout ceci peut nous permettre quelques hypothèses en fonction des mécanismes actuellement connus et des séquences qui ont été décrites ;

SUDO (1953), FIELDS et al. (1955), (1966), SUDO et TAKAHASHI (1955), JACKSON (1959), AOMINE et WADA (1962), GASTUCHE, FRIPIAT et DE KIMPE (1962), KELLER (1963), MILLOT (1964), WADA (1967), PEDRO et LUBIN (1968), SIEFFERMANN et MILLOT (1968), TRICHET et SVORONOS (1968).

Le premier milieu extraordinairement dilué, puisque parcouru annuellement par une colonne de 10 m d'eau à deux pouvoirs. Il forme à partir des basaltes des gels qui constituent au moins 90 % de la fraction fine < 2  $\mu$ . De plus, il est capable, à partir de ces gels, de construire la gibbsite, minéral purement alumineux, et la kaolinite très bien cristallisée, correspondant à un milieu extrêmement désaturé.

Le second milieu, encore bien lessivé, mais saisonnièrement asséché a également deux effets. Il fabrique lui aussi des gels à partir des basaltes. Mais les néoformations argileuses sont plus abondantes et formées de minéraux plus désordonnés : halloysite et métahalloysite. Il existe des périodes où les solutions sont moins renouvelées et donc plus riches en silice et en cations, comme le montrent les valeurs du taux de saturation en bases échangeables.

Il est intéressant de relier la désaturation moins poussée du milieu au désordre de l'empilement des silicates néoformés.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ALONSO J., BESOAIN E. et CATALINA F. (1963) - Observations de microscopie électronique en argiles volcaniques de Chili et allophanes de la Nouvelle-Zélande - *Int. Clay. Conf.*, Stockholm, I, p. 167-173.
- AOMINE S. et MIYAUCHI N. (1965) - Imogolite of imogo - layers in Kyushu, *Soil Sci. Pl. Nutr.*, 11, n° 5, p. 28-35.
- AOMINE S. et WADA K. (1962) - Differential weathering of volcanic ash and pumice, resulting in formation of hydrated halloysite, *Amer. Min.*, 47, p. 1024-1048.
- AOMINE S. et YOSHINAGA N. (1955) - Clay minerals of some well-drained volcanic ash soils of Japan, *Soil Science*, 79, p. 349-358.
- BIRREL K.S. et FIELDS M. (1952) - Allophane in volcanic ash soils, *Journ. Soil. Sc.*, 3, p. 156-166.
- BRINDLEY G.W. et PERSIO de SOUZA SANTOS (1966) - New varieties of kaolin group minerals and the problem of finding a suitable nomenclature, *Int. Clay Conf.*, Jerusalem, I, p.3-11.
- CAILLERE S. et HENIN S. (1963) - Minéralogie des argiles, Masson & Cie, Paris, 355 p.

- CHUKROV F.V., BERKLIN S.I., ERMILOVA L.P., MOLEVA V.A. et RUDNITSKAYA E.S. (1963) - Allophanes from some deposits of the U.S.S.R., *Int. Clay Conf.*, 2, p.19-28.
- CHUKROV F.V. et al. (1964) - Sur le problème des allophanes, *Izvest. Akad. Nauk. C.C.C.P., Sér. géol.*, n° 4, p. 3-19.
- COLMET-DAAGE F., CUCALON F. et al (1967) - Caractéristiques de quelques sols d'Equateur dérivés de cendres volcaniques, *Cahiers O.R.S.T.O.M, Sér. pédol.*, 5, p. 3-38.
- FIELDES M. (1955) - Allophane and related mineral colloids. *N.Z. Jl. Sci. Techn. B.*, 37, p. 336-350.
- FIELDES M. et WILLIAMSON K.I. (1955) - Clay mineralogy of New-Zealand soils, *N.Z. Jl. Sci. Techn.*, p. 314-335.
- FIELDES M. (1966) - The nature of allophane in soils : 1. Significance of structural randomness in pedogenesis, *N.Z. Jl. Sci. Techn.*, 9, p. 599-607.
- FIELDES M. et FURKERT R.J. (1966) - The nature of allophane in soils : 2. Differences in composition, *N.Z. Jl. Sci. Techn.*, 9, p. 608-622.
- GASTUCHE M.C., FRIPIAT J.J. et DE KIMPE C. (1962) - La genèse des minéraux de la famille du kaolin, *Colloque C.N.R.S.*, Paris, n° 105, p. 57-81.
- GIUSEPPETTI G., PIGORINI B. et VENIALE F. (1963) - Weathering materials of rocks and sedimentary deposits from Valsesia, Italy, *Int. Clay Conf.*, Stockholm, I, p. 139-148.
- JACKSON M.L. (1959) - Frequency distribution of clay minerals in major great soil groups as related to the factors of the soil formation, *Clays and clay minerals* (6th Nat. Conf. 1957), p. 133-143.
- JARITZ G. (1967) - Ein Vorkommen von Imogolit in Bimsböden West-deutschlands, *Zeit. Pflanzenernähr. Düng, Bodenkunde*, 117, p. 65-77.
- KELLER W.D. (1963) - Hydrothermal kaolinization (endellitization) of volcanic glassy rocks, *Clays and clay minerals* (10th Nat. Conf. 1961), p. 333-343.
- KIRKMANN J.H., MITCHELL B.D. et MACKENZIE R.C. (1966) - Distribution in some Scottish soils of an inorganic gel system related to "allophane", *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, 66, p. 393-418.
- KINOSHITA K. et MUCHI M. (1954) - Bauxitic clay derived from volcanic ash, *Mining Inst. Kyushu Jour.*, 22, p. 279-291.
- KURABAYASHI S. et TSUCHITA F. (1960) - Quantitative estimation of hydrated halloysite in volcanic ash beds, *Clay Sci.*, 1, p. 15-22.
- MIYAUCHI N. et AOMINE S. (1966) - Mineralogy of gel - like substance in the pumice bed in Kanuma and Kitukany districts, *Soil Sci. Pl. Nutr.*, 12, p. 19-22.

- PEDRO G. et LUBIN J. (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. Sci., Paris*, 266, p. 551-554.
- ROBERTSON R.H.S. (1963) - Allophanic soil from Trail Bridge, Oregon, with notes on mosaic growth in clay minerals, *Clay Min. Bull.*, 5, p. 237-247.
- SEGALEN P. (1968) - Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes, *Publ. O.R.S.T.O.M.*, ronéo, 29 p.
- SIEFFERMANN G. et MILLOT G. (1968) - L'hallowite des sols jeunes sur basaltes récents du Centre Cameroun, *Bull. Gr. fr. Argiles*, 20, p. 25-38.
- SUDO T. (1953) - Clay mineralogical aspects of the alteration of volcanic glass in Japan, *Clay Min. Bull.*, 2, p. 97-106.
- SUDO T. et TAKAHASHI H. (1955) - Shapes of hallowite particles in Japanese clays, *Clays and clay minerals* (4th Nat. Conf., 1955), p. 67-69.
- TRICHET J. et SVORONOS D. (1968) - Etude des premiers stades d'altération d'un verre volcanique, *C.R. Ac. Sc. Paris*, 266, p. 1207-1209.
- WADA K. (1967) - A structural scheme of soil allophane, *Amer. Min.*, 52, p. 690-708.
- YOSHINAGA N. et AOMINE S. (1962)<sup>a</sup> - Allophane in some Ando-Soils, *Soil Sci. Pl. Nutr.*, Tokyo, vol. 8, n° 2, p. 6-13.
- YOSHINAGA N. et AOMINE S. (1962)<sup>b</sup> - Imogolite in some Ando-soils, *Soil Sci. Pl. Nutr.*, Tokyo, vol. 8, p. 114-121.
- YOSHINAGA N., YOTSUMOTO H. et IBE K. (1968) - An electron microscopic study of soil allophane with an ordered structure, *Amer. Min.*, 53, p.319-323.