

LES FACTEURS DE FORMATION DES PRODUITS AMORPHES SILICO-ALUMINEUX

Le rôle de la matière organique dans leur maintien

G. SIEFFERMANN

Introduction

La présente note concerne la formation de la fraction amorphe silico-alumineuse qui caractérise un certain nombre d'andosols sous différents faciès de climats équatoriaux et tropicaux au Cameroun. Tous les cas examinés se développent à partir de basaltes quaternaires qui se présentent soit sous la forme de coulées soit sous celle de produits pyroclastiques.

Un premier groupe de six profils (SIEFFERMANN, YEHL et MILLOT, 1968 ; SIEFFERMANN et MILLOT, 1969 ; SIEFFERMANN, 1969) se situe au pied du flanc ouest du Mont Cameroun et évolue sous un climat, sans saison sèche avec des précipitations annuelles comprises entre 10 et 12 mètres.

Un second lot de 37 profils (SIEFFERMANN, YEHL et MILLOT, 1968 ; SIEFFERMANN et MILLOT, 1969 ; SIEFFERMANN, 1969) se situe au flanc Sud et Est du Mont Cameroun et du Mont Koupé, sous un climat moins pluvieux qui se distingue du précédent par une saison sèche entre novembre et mars.

Un troisième ensemble de dix profils (SIEFFERMANN, 1969) concerne des sols plus anciens qui évoluent sous les mêmes conditions climatiques que les seconds. Dans ces derniers les produits amorphes silico-alumineux sont uniquement présents en faible quantité dans les horizons profonds d'altération.

Ces trois groupes de sols permettent de préciser quelques facteurs de formation et de maintien des produits amorphes silico-alumineux ; les allophanes.

Résumé des faits

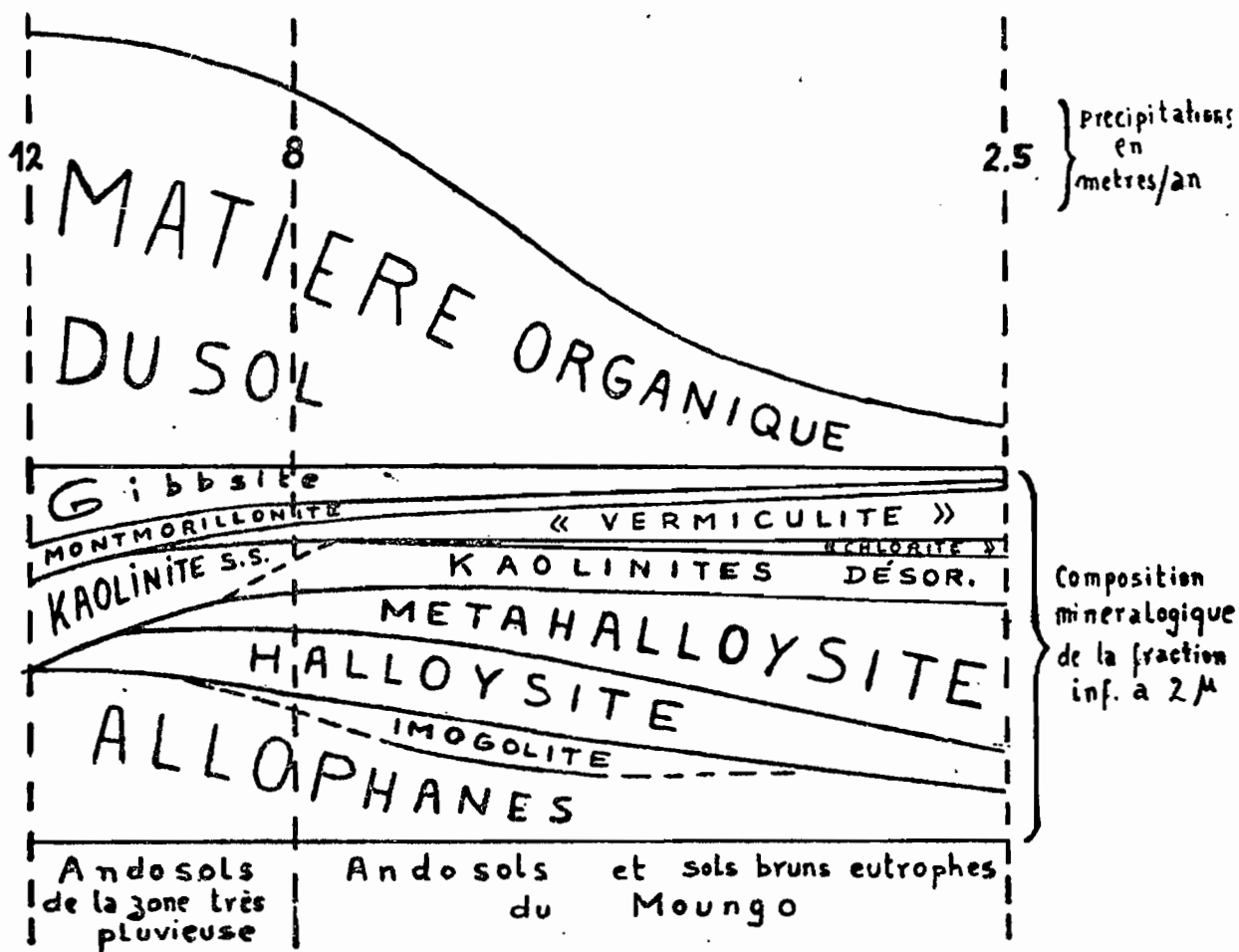
1 - Dans les articles cités en référence nous avons montré que dans les profils qui évoluent sous une pluviosité et une température élevée, les minéraux de la roche-mère sont dissous rapidement avec formation d'une quantité notable de produits amorphes silico-alumino-ferrugineux d'un rapport moléculaire $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ compris entre 0,5 et 1,8 . Ces produits amorphes associés à la gibbsite, de la kaolinite et de la montmorillonite subsistent dans tous les profils jusque dans les horizons de surface. *

Tous ces sols montrent une très importante teneur en matière organique (7 à 15%) et un remarquable parallélisme entre les teneurs en matière organique et en colloïdes minéraux. La matière organique de ces sols se caractérise par ailleurs par une exceptionnelle résistance à la destruction par l'eau oxygénée.

2 - Dans les sols du second groupe, qui évoluent sous un climat encore très humide, mais qui se distingue par une courte période sèche il y a encore formation, à la base de tous les profils, d'une quantité notable de produits silico-alumineux amorphes. Ces substances se localisent à la base des profils et leur taux décroît au fur et à mesure que croît la sécheresse périodique que subissent ces sols. Parallèlement on observe avec la sécheresse croissante une diminution dans les horizons de surface du taux de matière organique et de la résistance de celle-ci à la dégradation par l'eau oxygénée.

Il y a synthèse dans le haut des profils d'une quantité importante d'halloysite et de métahalloysite, au détriment des gels et ceci d'autant plus intensément que la période de dessiccation que subissent ces sols est plus longue.

Les faits que nous venons brièvement de résumer peuvent se schématiser dans le tableau synthétique suivant :



3 - Dans les sols ferrallitiques typiques beaucoup plus épais et plus anciens, du dernier groupe, qui évoluent sous les mêmes conditions climatiques que les précédents, le sol est essentiellement formé de kaolinite désordonnée, de métahalloysite et de produits amorphes ferrugineux et alumineux sans silice. On n'observe que rarement, en profondeur, au contact même de la roche en voie d'altération, de petites quantités de produits amorphes silico-alumineux.

Avec les faits que nous venons de rappeler on peut tenter quelques hypothèses sur la formation et le maintien des produits amorphes silico-alumineux.

Les facteurs de formation des produits silico-alumineux amorphes

1 - Au vu des faits on saisit immédiatement qu'il existe une relation étroite entre les taux de substances minérales colloïdales des sols et les conditions d'humidité permanente : La formation d'allophane est favorisée par un climat ...

pluvieux, elle décroît vers les régions à climat alternant, à longue saison sèche. Cette relation a déjà été observé par de nombreux auteurs (TAMURA et JACKSON, 1953 ; FIELDER, 1966 ; COINET DAAGE et al, 1965 - 1968 ; ALCAYAZA, 1965 ; SINGER, 1966).

La permanence de l'humidité n'explique cependant à elle seule la formation d'allophane ; le renouvellement des solutions, c'est à dire un bon drainage, est un facteur complémentaire nécessaire. Ce facteur dépend lui-même, en grande partie, de la perméabilité de la roche-mère.

2 - C'est un fait bien connu que beaucoup de sols riches en allophane dérivent de roches volcaniques riches en verre; mais au Cameroun les matériaux volcaniques finement cristallisés engendrent aussi de l'allophane. En fait la finesse des cristaux et la perméabilité de la roche semblent des facteurs plus importants que la composition minéralogique.

Les facteurs que nous venons de citer sont indéniablement indispensables à la formation des substances amorphes silico-alumineuses ; ils ne peuvent cependant à eux seuls rendre compte de l'accumulation de ces substances, c'est-à-dire de leur maintien dans le temps, En effet dans le troisième groupe de sols cités dans les faits, toutes ces conditions existent dans les horizons d'altération : drainage correct, bonne perméabilité et humidité constante ; et pourtant il ne se forme que des quantités insignifiantes de substances silico-alumineuses. Dans ces sols l'altération progresse, entre 7 et 15 mètres de profondeur par un stade allophanique fugace. Si on examine les caractéristiques de ce milieu d'altération on constate qu'il diffère essentiellement de celui des andosols des mêmes régions par le fait qu'il ne contient plus de composés organiques.

Ceci autorise à émettre l'hypothèse que la matière organique et ses produits de dégradation pourraient empêcher l'évolution des gels silico-alumineux, leur absence, au contraire peut permettre la transformation rapide de ces mêmes gels en minéraux cristallisés.

L'hypothèse de complexes allophano-organiques, à évolution lente, stables dans les seules conditions d'humidité permanente, ferait de la matière organique un facteur fondamental nécessaire à l'accumulation d'allophane et par conséquent à la formation d'andosols.

Avant de confronter cette hypothèse avec les faits d'observation, et les données de la littérature scientifique il faut rappeler les propriétés essentielles des allophanes :

Propriétés des allophanes

- Des allophanes possèdent un certain nombre de propriétés tout à fait remarquables :

- 1 - Ce sont d'abord des substances à très forte teneur en eau, souvent plus de 100%, et cette eau est faiblement liée chimiquement à la matière silico-alumineuse (COLLET DAAGE et al 1967).
- 2 - Ce sont aussi des produits qui ont une très grande surface spécifique, voisine ou supérieure de celle des échangeurs d'ions de synthèse. Des valeurs supérieures à 400 m²/g sur des fractions inférieures à 2 μ sont fréquentes.
- 3 - Les allophanes possèdent une capacité d'échange cationique et anionique importante et fortement variable avec le pH du milieu. Les valeurs mesurées entre pH 3,5 et 10,5 peuvent différer de plus de 90 méq pour 100 g (FIELDES et SCHOFIELD, 1960 ; IIMURA K., 1966 ; NAGATA et MURAMATSU, 1966 ; COLLET DAAGE et al ; 1968). La capacité d'échange anionique varie similairement, mais à l'inverse de la capacité d'échange cationique elle est maximale en milieu acide et minimale en milieu basique. (FIELDES et SCHOFIELD, 1960 ; IIMURA ; 1960 ; SHERRMAN et al , 1964) .
- 4 - Une des propriétés les plus caractéristiques des allophanes est sans aucun doute leur grande sensibilité à toute dessiccation. COLLET DAAGE a montré (1967 - 1968) que les allophanes perdent la majeure partie de leur eau par simple dessiccation à l'air, et cela de façon irréversible. Le séchage des allophanes n'entraîne pas seulement l'impossibilité de se réhydrater mais également la perte de la majeure partie des propriétés d'échange.
- 5 - La facile fixation de radicaux organiques est une autre propriété importante de ces substances ; ils peuvent en effet fixer 3 à 7 fois plus de matière organique que les montmorillonites. La complexation des matières organiques par les allophanes s'accompagne de changements structuraux dans la composante organique ; celle-ci acquiert en particulier une plus grande résistance à la dégradation biologique. (TOKUDOME et KANNO, 1963 - 1964 - 1965 ; KOBO et FUJISAWA, 1963 ; BROADBENT , JACKMAN et Mc NICOLL, 1964 ; KYUMA et KAWAGUCHI, 1964 ; WADA et INOUE, 1967).

Parmi les propriétés énumérées deux sont particulièrement significative :

- 1 - La facile stabilisation des allophanes sous forme de complexes organiques.
- 2 - Leur grande fragilité et la perte de leurs propriétés physico-chimiques remarquables, sous l'effet d'une simple dessiccation à l'air.

Le facteur matière organique , dégagé au Cameroun grace aux faits d'observation, par élimination successive des autres facteurs, apparaît aussi dans l'étude de la littérature scientifique comme très important au maintien de l'allophane. Il se dégage des études de terrain, comme des données bibliographiques , une nouvelle image des allophanes, celle de : " Complexes silico-alumino-organiques hydratés, stables en milieu humide, fréquemment associé à des hydroxydes de fer".

C'est cette image nouvelle de l'allophane naturelle qui est retenue ici ; confrontée avec la réalité elle rend compte correctement de la quasi totalité des faits d'observation :

- Localisation des andosols typiques dans les seuls milieux humides en permanence .
- Décroissance des taux d'allophanes avec la sécheresse croissante, que ce soit géographiquement ou dans les profils..
- Localisation de l'allophane dans les parties humides des profils, tant que ceux-ci sont susceptibles d'être alimentés en radicaux organiques de dégradation.,
- Absence dans les altérations profondes des sols ferrallitiques des mêmes régions entre 10 et 20 m d'accumulation de produits amorphes silico-alumineux.
- Le parrallélisme qu'on observe dans les andosols entre les taux de substances amorphes minérales et organiques.
- Cette affinité des produits amorphes silico-alumineux et de la matière organique explique également le pH anormalement élevé des andosols par rapport à la fois au taux de désaturation et a la teneur en matière organique ; ainsi que le maintien de gibbsite, souvent très fine, et sa non chélation dans un milieu pourtant riche en matière organique.

- ALCAYAZA A.V. de (1965) - Agricultura tec. 25, p. 9-18.
- BROADBENT F.E., JACKMAN R.H., Mc NICOLL J. (1964) - Soil Sc. 98, p. 118-128.
- COLMET-DAAGE F., CUCALON F. (1965) - Fruits, 20, 1, p. 19-23.
- COLMET-DAAGE F., CUCALON F. (1967) - Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., V, 4, p. 353-363.
- COLMET-DAAGE F., CUCALON F., DELAUNE M., GAUTHÉROU J., MOREAU B. (1967) - Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., V, 4, p. 363-391.
- COLMET-DAAGE F., KIMPE de C., SIEFFERMANN G., DELAUNE M., FUSIL G. (1969) - Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., VIII, 2, p. 113-172.
- FIELDES M., SCHOFIELD R.K. (1960) - N.Z. Jl. Sci. 3, p. 563-579.
- FIELDES M. (1966) - N.Z. Jl. Sci. Techn., 9, p. 599-607.
- IEMURA K. (1960) - Clay Sc. Jap., 1, n° 3-4, p. 40-44.
- IIMURA K. (1966) - Bull. Nat. Inst. Agric. Sc. Tokyo B 17 p. 101-157.
- KOBO K., FUJISAWA T. (1963) - J. Sci. Soil, Tokyo, 34, p. 13-17.
- KYUMA K., KAWAGUCHI K. (1964) - Soil Sci. Amer. Proc. 28, p. 371-374.
- MAGATA T., MURAMATSU K. (1966) - J. Sci. Soil Manure Tokyo, 37, p. 243-247.
- SHERMANN G.D., MATSUSAKA Y., IRAVA H., VEHARA G. (1964) - Agrochim. 8, 2, p. 148-162.
- SIEFFERMANN G., JEHL G., MILLOT G. (1968) - Bull Gr. Fr. Argiles XX, p. 109-129.
- SIEFFERMANN G., MILLOT G. (1969) - Int. Clay Conf. Tokyo, I, p. 418-430.
- SIEFFERMANN G. (1969) - Thèse ès-Science Fac. Science Strasbourg. Mém. ORSTOM 179 p.
- SINGER A. (1966) - J. Soil Sci. 17, p. 136-147.
- TAMURA T., JACKSON M.L., SHERMAN G.D. (1953) - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. vol. 17, p. 343-346.
- TOKUDOME S., KANNO I. (1964) - Bull. Kyushi agric. Exp. Sta. 10, p. 185-204.
- TOKUDOME S., KANNO I. (1965) - Soil Sci. Pl. Nutr. 11, n° 5, p. 1-8.
- WADA K., INOUE T. (1967) - Soil Sci. Pl. Nutr. 13, 1, p. 9-16.

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

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

bulletin de liaison

DU THÈME D

"ANDOSOLS"

Numéro 2 - Mars 1973

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

COMITE TECHNIQUE
DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON

DU THEME D
(ANDOSOLS)

"Ce document est destiné à une diffusion
restreinte ; il est réservé aux Chercheurs
de l'O.R.S.T.O.M. et à ceux du groupe de
travail sur le Thème Andosols".

Numéro 2 - Mars 1973