

PÉDOLOGIE. — *Évolution des micas en région équatoriale : problème de la présence des smectites dans les sols ferrallitiques fortement désaturés de l'Amazonie brésilienne.*  
Note (\*) de **Boris Volkoff** et **Adolpho J. Melfi**, présentée par M. Jean Orcel.

Les illites et les micas dioctaédriques des sédiments argileux de la cuvette amazonienne ne sont pas complètement altérés au cours de la pédogénèse. Dans les sols mal drainés, ils se transforment en vermiculite-Al. Dans les sols ferrallitiques où un drainage suffisant est assuré, ils subissent une évolution plus complexe qui conduit à la formation de smectites de transformation. Dans l'Amazonie brésilienne, on serait en présence de la séquence : illite → vermiculite-Al → smectites de transformation.

*Illites and dioctahedral micas of clayey sediments of the Amazon Basin are not completely weathered during the pedogenesis. In poorly drained soils they are transformed into Al-vermiculite. In ferrallitic soils with a better drainage these minerals undergo a more complex evolution forming smectites of transformation. In the Brazilian Amazon one notices the following sequence: illite → Al-vermiculite → smectite of transformation.*

Les minéraux argileux à 10 Å à espace interfoliaire variable (vermiculite, smectites) sont des constituants fréquents de la fraction argileuse des sols des régions tempérés [(<sup>1</sup>) à (<sup>6</sup>)]; ils proviennent aussi bien de l'altération par transformation des micas [(<sup>2</sup>), (<sup>7</sup>)] que de l'altération par néogénèse des feldspaths [(<sup>6</sup>), (<sup>8</sup>)].

Dans ces régions, la transformation des micas en smectites est particulièrement nette au sein des podzols [(<sup>9</sup>) à (<sup>12</sup>)].

Les mêmes argiles peuvent aussi être rencontrées dans les sols des régions tropicales humides et équatoriales, mais dans ces conditions les vermiculites sont peu abondantes et les smectites toujours de néogénèse. Sous climat chaud, les phénomènes d'altération conduisent en effet à une hydrolyse totale de la plupart des minéraux, y compris des minéraux micacés trioctaédriques, avec néoformation de kaolinite (<sup>13</sup>). La transformation des micas en smectites n'a été signalé que dans certains podzols tropicaux (<sup>14</sup>).

Or, au cours de travaux récents dans l'Amazonie brésilienne, nous avons été à même de constater que la transformation des micas dioctaédriques et des illites en smectites peut aussi se produire au sein de sols ferrallitiques relativement argileux.

Les sols que nous avons étudiés sont situés à 500 km au sud de Manaus, au cœur de la forêt amazonienne. Dans cette partie de l'Amazonie, le climat est du type équatorial avec une courte saison sèche entre les mois de juin et d'août (précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 2 300 mm; températures moyennes annuelles de 25,7°C). Là prédominent les « terres fermes » (*terras firmes*) non atteintes par les crues de l'Amazonie ou de ses affluents. Ces terres fermes, qui correspondent à des dépôts d'âge Pleistocène ou du début de l'Holocène, forment des bas plateaux de quelques dizaines de mètres d'altitude. Ceux-ci peuvent être disséqués et donner un modelé en collines de faibles dénivelées, à versants abrupts, séparées par d'étroites dépressions sinueuses et marécageuses appelées *igarapés*.

Le drainage général est limité, en sorte que les sols, même ceux des zones exondées, présentent des symptômes d'hydromorphie. Les sols de plateau sont des sols hydromorphes à pseudo-gley (*Laterita hidromorfica* de la classification brésilienne des sols) : l'hydromorphie s'y manifeste fortement dès 50 cm de profondeur. Dans les zones ondulées, l'hydromorphie ne se fait sentir qu'à partir de 1 m de profondeur; les sols sont alors des sols ferrallitiques hydromorphes (*podzolic vermelho-amarelo plintico*).

Deux sols ont été retenus pour cette étude : un sol de plateau mal drainé (profil *a*) et un sol de zone ondulée à horizons supérieurs convenablement drainés (profil *b*). Dans les deux cas, le matériau originel est une argile kaolinique contenant des micas dioctaédriques et des illites; ce matériau est constitué de 50 % d'argile granulométrique et de 40 % de

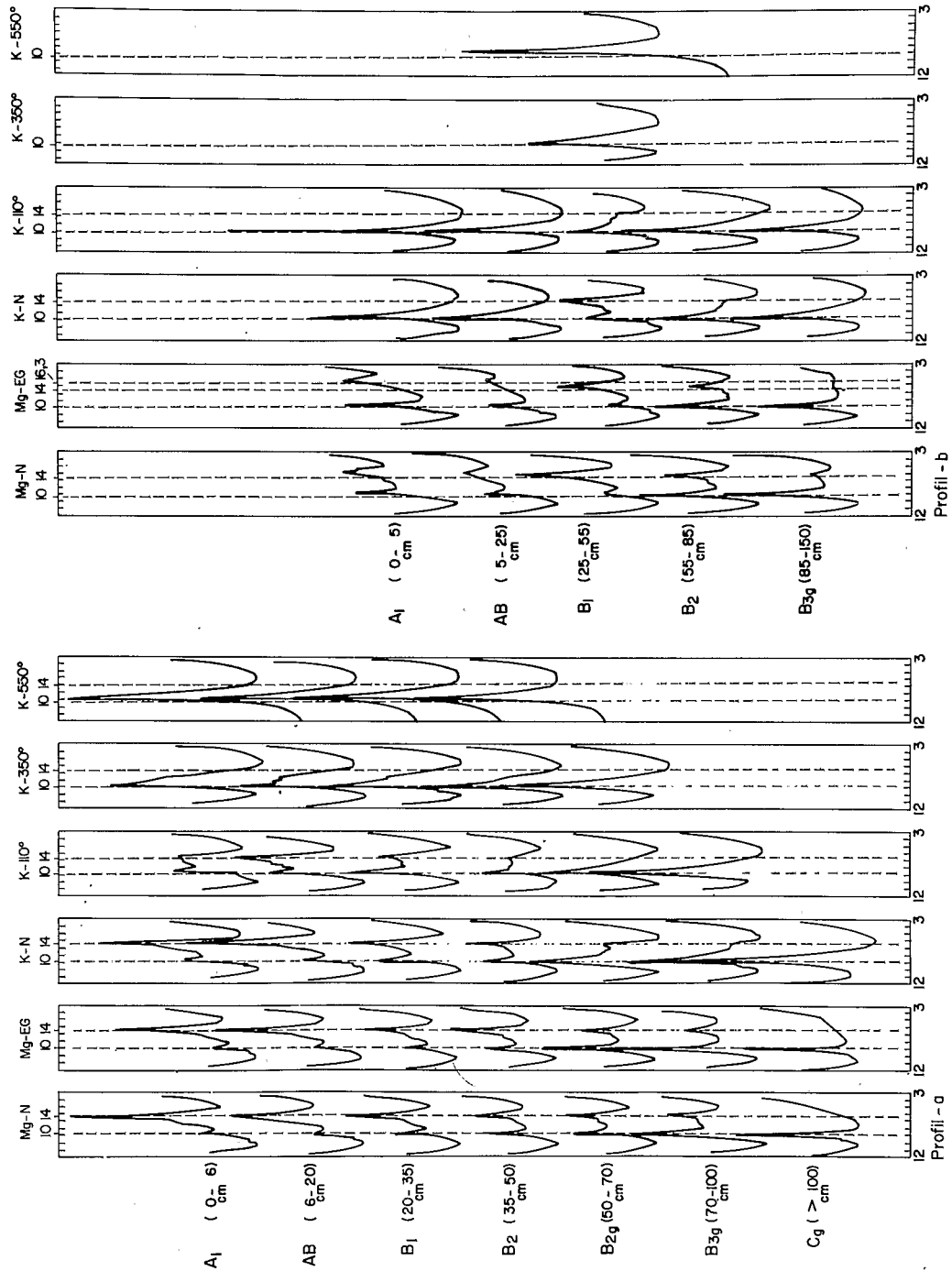
23 OCT. 1978

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

Collection de Référence

no 2x1 9352 Pedo

limons fins et grossiers quartzeux. Les sols sont fortement désaturés et très acides. La somme des bases échangeables est inférieure à 0,5 méq/100 g, même dans l'horizon A qui est le plus riche en cations; le pH est proche de 3,5 en surface, et de l'ordre de 4 dans les horizons sub-superficiels et profonds; dans tout le profil les taux d'aluminium échangeable sont élevés (2 à 3 méq/100 g).



Il est aisé de montrer qu'il y a une nette évolution minéralogique des argiles dans chacun de ces sols, comme cela apparaît clairement à la simple comparaison des spectres de rayons X.

Les spectres présentés (*fig.*) ont été obtenus sur la fraction 0-2  $\mu$  du sol extraite suivant la technique préconisée par Robert et Tessier (<sup>15</sup>), puis déferrifiée [méthode de De Endredy (<sup>16</sup>)], la déferrification améliorant la netteté des pics sans modifier, ce qui a été vérifié, les caractéristiques des spectres des argiles et les réponses aux différents tests de comportement.

Dans le matériau original (horizon C des profils), la fraction argileuse est constituée d'un mélange de kaolinite et d'illite. Lorsqu'on compare les spectres des horizons successifs on constate, tant dans le profil *a* que dans le profil *b*, une diminution progressive de l'intensité des pics à 10 Å à mesure que l'on se rapproche de la surface. On note d'autre part, l'apparition d'un pic discret à 14 Å au sommet de l'horizon C, ce pic augmente progressivement d'intensité lorsqu'on passe des horizons profonds aux horizons de surface. Le parallélisme des deux phénomènes : diminution de l'intensité des pics à 10 Å et apparition et augmentation de l'intensité des pics à 14 Å suggère une transformation de l'illite en minéral gonflant à 14 Å. Une telle transformation intéresserait de très faibles quantités d'illites à la base du profil, des proportions de plus grandes à mesure que l'on se rapproche de la surface du sol.

Si l'on soumet les échantillons saturés par Mg au test de l'éthylène glycol, on constate que le minéral à 14 Å garde son équidistance dans tous les cas sauf dans les horizons superficiels du profil *b*. Dans ces derniers, l'équidistance passe de 14 à 16,3 Å; il y a donc gonflement par suite de la fixation de deux couches d'éthylène glycol.

Si l'on considère maintenant le comportement au chauffage des argiles saturées au potassium, on constate que tous les minéraux à 14 Å passent à 10 Å. La fermeture des feuillets est toujours possible mais elle est plus ou moins difficilement réalisée suivant les cas. Ainsi, un chauffage à 110°C est suffisant à la base des profils. Plus haut, dans les horizons B, un chauffage à 350° est nécessaire. Dans certains cas, il faut chauffer à 550° pour que l'ensemble des minéraux initialement à 14 Å se ferme à 10 Å.

Dans le profil *a*, la difficulté à obtenir la fermeture à 10 Å ne fait que croître à mesure que l'on se rapproche de la surface du sol. Dans le profil *b*, on observe une tendance semblable jusqu'à l'horizon B<sub>1</sub>; dans les horizons AB et A<sub>1</sub> par contre, les minéraux à 14 Å sont déjà à 10 Å après saturation au potassium et séchage à l'air. Une fois la fermeture à 10 Å réalisée, il n'y a plus jamais expansion à l'éthylène glycol.

Les minéraux à 14 Å sont donc ici des *vermiculites avec un espace interfoliaire aluminisé*.

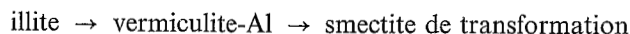
Ainsi, il résulte de ces données que :

— lorsque le drainage est mauvais (cas du profil *a*), l'évolution minéralogique conduit à la formation de vermiculites qui sont d'autant plus aluminisées que l'on se trouve plus près de la surface du sol;

— en revanche dans le sol mieux drainé (profil *b*) l'évolution est plus complexe : après la phase d'aluminisation il y aurait désaluminisation (puisque dans les horizons de surface les vermiculites paraissent avoir perdu leur aluminium interfoliaire) et dans le même temps apparition d'un minéral expansible à l'éthylène glycol. Celui-ci saturé par le potassium se ferme irréversiblement à 10 Å. On aurait affaire à une vermiculite gonflante ou montmorillonite de transformation.

Tout semble donc indiquer que les micas dioctaédriques et les illites des sédiments de l'Amazonie équatoriale ne s'altèrent pas au cours de la ferrallitisation, mais qu'ils se *transforment* en vermiculites alumineuses dans les sols imparfaitement drainés de ces régions. Ces vermiculites-Al se maintiennent en milieu confiné. Elles paraissent par contre instables dès que le milieu superficiel est plus lessivant; il y a alors désaluminisation des espaces interfoliaires et apparition de smectites de transformation.

En milieu ferrallitique hydromorphe, on serait donc pour les argiles micacées en présence de la séquence suivante :



qui rappelle la séquence caractéristique des sols podzoliques et dégradés.

- (\*) Séance du 30 janvier 1978.
- (<sup>1</sup>) Th. CAMEZ, P. J. FRANC DE FERRIÈRE, J. LUCAS et G. MILLOT, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3038.
- (<sup>2</sup>) I. BARSHAD, *Amer. Min.*, 33, 1948, p. 655-678.
- (<sup>3</sup>) S. BESSON, S. CAILLÈRE et S. HÉNIN, *Bull. Gr. Fran. Arg.*, 18, 1966, p. 101-104.
- (<sup>4</sup>) M. ROBERT et I. BARSHAD, *Bull. Gr. Fran. Arg.*, 24, 1972, p. 137-151.
- (<sup>5</sup>) M. ROBERT, *Clay and Clay Min.*, 21, 1973, p. 167-174.
- (<sup>6</sup>) A. MEILHAC et Y. TARDY, *Bull. Serv. Geol. Als. Lorr.*, 23, 1970, p. 145-161.
- (<sup>7</sup>) M. ROBERT, *Ann. Agron.*, 22, 1971, p. 43-93.
- (<sup>8</sup>) Y. TARDY, H. PAQUET et G. MILLOT, *Bull. Gr. Fran. Arg.*, 22, 1970, p. 69-77.
- (<sup>9</sup>) O. GJEMS, *Clay Min. Bull.*, 5, 1962, p. 183-193.
- (<sup>10</sup>) G. R. ROSS et M. M. MORTLAND, *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 30, 1966, p. 337.
- (<sup>11</sup>) M. A. V. HERNANDEZ et M. ROBERT, *Comptes rendus*, 281, série D, 1975, p. 523.
- (<sup>12</sup>) M. ROBERT et M. RAZZAGHE KARAMI, *Bull. Gr. Fran. Arg.*, 26, 1974, p. 307-317.
- (<sup>13</sup>) M. ROBERT et G. PEDRO, *Int. Clay-Conf. Madrid*, 1972, p. 433-447.
- (<sup>14</sup>) J. M. FLEXOR, J. S. de OLIVEIRA, J. L. RAPAIRE et G. SIEFERMANN, *Cah. O.R.S.T.O.M.*, Série Pédologie, 13, n° 1, 1975, p. 41-48.
- (<sup>15</sup>) M. ROBERT et D. TESSIER, *Ann. Agron.*, 25, n° 6, 1974, p. 859-882.
- (<sup>16</sup>) A. S. DE ENDREDY, *Clay Miner. Bull.*, 29, n° 5, 1963, p. 209-217.

B. V. : *O.R.S.T.O.M.*, Instituto de Geociências, U.S.P., CP 20899, São Paulo, Brésil;

A. J. M. : Instituto de Geociências, U.S.P., CP 20899, São Paulo, Brésil.