

Indices d'altération de la kaolinite en milieu acide par microscopie électronique : limites de la méthode

MONTOROI Jean-Pierre ⁽¹⁾, **JAUNET Anne-Marie**⁽²⁾, **ELSASS Françoise**⁽²⁾

⁽¹⁾ ORSTOM, 32 avenue Henri Varagnat, F-93143 BONDY Cedex

⁽²⁾ INRA, Science du Sol, Route de Saint Cyr, F-78026 VERSAILLES Cedex

AUROUSSEAU (1990) a montré que la dégradation des argiles se produit lorsqu'on a à la fois un pH bas ($\text{pH} < 5$) et des conditions réductrices permettant la mobilité du fer et de l'aluminium. Ainsi, de nombreux auteurs attribuent les fortes concentrations en aluminium dans les sols sulfatés acides à une altération chimique des minéraux argileux, mais n'ont pas apporté de preuves tangibles pour valider ces arguments (VAN BREEMEN, 1976 ; VIELLEFON, 1977 ; MARIUS, 1985). Cependant, l'étude minéralogique, réalisée par BRINKMAN (1977) sur des sols acides de Thaïlande, formant de basses terrasses saisonnièrement inondées, a mis en évidence des traits de dissolution à la surface des minéraux argileux. En Basse-Casamance (Sénégal), sous les effets conjugués de la sécheresse et de l'aménagement des vallées par des barrages anti-sel, les sols de mangrove se sont fortement acidifiés (MONTOROI, 1996). Aussi, l'objectif de notre étude est de caractériser minéralogiquement la phase argileuse de ces sols et de révéler des indices attestant d'une altération chimique.

Méthodes d'étude : Deux méthodes analytiques ont été mises en oeuvre au laboratoire de minéralogie de l' ORSTOM à Bondy.

Diffraction RX : Cinq échantillons provenant de trois profils de sol ont été prélevés entre 50 et 85 cm de profondeur. L'analyse par diffraction RX a été effectuée sur une poudre non orientée après séchage à l'air ambiant (DPA) et sur la fraction argileuse inférieure à 2mm (DPB). Deux échantillons ont fait l'objet d'une préparation supplémentaire destinée à séparer la fraction argileuse par sédimentation. Une mise en suspension dans une allonge et une agitation par retournement dans de l'eau permutée précède la phase de sédimentation qui est suivie par un séchage à l'air du dépôt. Pour chaque échantillon préparé, une analyse diffractométrique RX a été réalisée à partir du dépôt orienté (DO), du dépôt orienté et glycérolé (DG) et du dépôt orienté et chauffé à 490 °C (DC).

Microscopie électronique à transmission (MET) : Cinq échantillons de sol non perturbé ont été prélevés : i) en surface dans la zone correspondant à la nappe de faciès sulfatée acide ; ii) dans un sol ferrallitique à 135 cm de profondeur, l'échantillon servant de référence. Quelques fragments de sol ont été humectés dans de l'eau distillée pendant 24 h, puis ont subi un traitement dispersif aux ultra-sons. Cette méthode est appropriée aux études sommaires et rapides et ne modifie pas la cristallinité des minéraux si les conditions opératoires sont peu agressives (ROBERT et TESSIER, 1974). La suspension a été diluée et une goutte est déposée sur une grille-support puis séchée à l'air pendant 24 h. Une étude complémentaire à l'aide d'un STEM a été réalisée au laboratoire de minéralogie de l'INRA à Versailles dans le but de mieux identifier les minéraux observés au MET et de confirmer la présence de figures d'altération en surface des kaolinites.

Résultats : Le diffractogramme DPA montre distinctement les raies de la kaolinite. Sur le diffractogramme (DPB) un ensemble de raies de faible intensité, comprises entre 10.18 Å et 13-14 Å, se détache nettement et marque la présence de minéraux argileux 2:1.

L'interprétation des diffractogrammes DO, DG et DC permet de préciser la nature de ces derniers minéraux en faisant les observations suivantes : i) le maintien de la raie 10 Å sur les trois diffractogrammes marque la présence d'un minéral phyllitique micacé de type illite ; ii) le faible déplacement vers la raie 14.56 Å entre DO et DG montre la présence d'un minéral argileux 2:1 à espace interfoliaire gonflant de type smectite (montmorillonite ou beidellite). Il pourrait s'agir d'une smectite issue d'illite se présentant sous la forme d'un interstratifié illite-smectite. La kaolinite est le minéral dominant dans tous les échantillons analysés, les minéraux argileux 2:1 apparaissant en proportion faible et variable. Sur quelques diffractogrammes, la kaolinite apparaît parfois plus désordonnée mais les conditions opératoires, en particulier le séchage, peuvent être la cause de réarrangement des cristallites (TESSIER, 1984).

Observations micromorphologiques au MET : Dans le sol ferrallitique, les kaolinites sont de taille et de forme variées. Elles présentent le plus souvent une forme hexagonale à bords bien francs. La taille des cristaux varie de 0.05 à 0.2 µm. Dans les échantillons sulfatés acides prélevés en surface, les cristaux de kaolinite ont dans l'ensemble des bords beaucoup plus émoussés que ceux observés dans le sol ferrallitique. Cela suggère que la kaolinite est altérée en milieu sulfaté acide. En outre, la surface des cristaux semblent présenter des taches claires de forme irrégulière qui font songer à des vacuoles de dissolution. En fait, les taches vacuolaires se forment progressivement au cours de l'observation par suite d'une exposition prolongée sous le faisceau d'électrons fortement énergétique. En bordure des kaolinites, on note toutefois des signes manifestes d'altération qui ne sont pas imputables au faisceau électronique. En revanche, d'autres indices de dissolution de la kaolinite sont apportés par la présence de gels de silice et de minéraux siliceux bien cristallisés (opale?). On note également la présence d'halloysite de forme allongée plus ou moins opaque. Pour le sol ferrallitique, le faisceau électronique peut également altérer les kaolinites mais leur sensibilité est beaucoup moins forte.

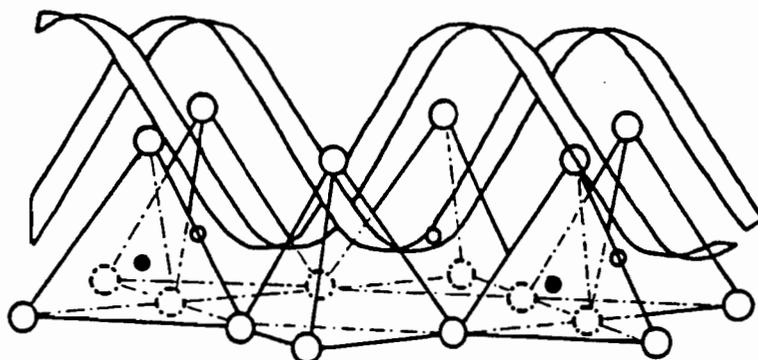
Conclusion : L'étude minéralogique de kaolinites mises au contact avec des solutions très acides montre des traits d'altération les cristallites présentant des contours émoussés. Cependant, les taches claires formées à la surface des cristaux ne correspondent pas à des figures de dissolution mais sont dues à une exposition prolongée sous le faisceau d'électrons. Il y a donc lieu d'être prudent dans l'interprétation visuelle des images obtenues au MET.

Références

- AUROSSEAU P., 1990. A microscopic and mineralogical study of clay degradation in acid and reducing conditions. In L.A. DOUGLAS : *Soil micromorphology : a basic and applied science*", Developments in soil science, 19, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 245-255.
- BRINKMAN R., 1977. Problem hydromorphic soils in north-east Thailand. 2. Physical and chemical aspects, mineralogy and genesis. *Neth. J. Agric. Sci.*, 25 : 170-181.
- MARIUS C., 1985. Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, Pédologie, Géochimie, Mise en valeur et aménagement. Trav. et Doc. ORSTOM, Paris, 193, 368 p.
- MONTOROI J.-P., 1996. Gestion durable des sols de l'écosystème de mangrove en Casamance (Sénégal). Dynamique de l'eau et des sels en période de sécheresse. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, p. 263.
- ROBERT M., TESSIER D., 1974. Méthodes de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques. *Ann. Agron.*, 25, 6 : 859-882.
- TESSIER D., 1984. Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. INRA, Versailles, 361 p.
- VIELLEFON J., 1977. Les sols des mangroves et des tannes de Basse-Casamance (Sénégal). Importance du comportement géochimique du soufre dans leur pédogénèse. Mém. ORSTOM, Paris, 83, 291 p. + 1 carte.
- Van BREEMEN N., 1976. Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand. Agric. Res. Rep. 848. Pudoc, Wageningen, 263 p.

colloque
20-21 novembre 1997
INRA Centre de Versailles

Microscopie électronique analytique



- Constituants minéraux et organiques en relation avec les propriétés des sols, des sédiments, ou des matériaux.
- Ultrastructure et analyse fonctionnelle dans les tissus animaux ou végétaux. Techniques de marquage moléculaire.
- Exploitation quantitative des données numérisées, analyse d'image et traitements statistiques.

contact



Institut National de la Recherche Agronomique

INRA Centre de Versailles
Science du Sol
RD10 (route de St-Cyr)
78026 Versailles cedex

Tél. 01 30 83 32 71
Fax 01 30 83 32 59
eleass@versailles.inra.fr