

# Rapidité de la vitesse d'altération des minéraux du sol en conditions ferrallitiques. Méthode des minéraux-test

Sophie Cornu, Yves Lucas, Thierry Desjardins et Serge Nitsche

C.R. Acad. Sci. Paris,  
t. 311, série II a, N° 4  
p. 311 à 316,  
1995

**Résumé** Les minéraux des sols sont soumis à des dissolutions et reprécipitations en fonction des conditions de milieu, et en particulier de l'activité biologique. Pour déterminer la cinétique des réactions mises en jeu dans le recyclage des éléments chimiques, des sachets de minéraux test contenant séparément de la gibbsite, deux types de kaolinite et un verre siliceux, ont été introduits dans les horizons supérieurs d'un sol ferrallitique de forêt amazonienne. Au bout de 6 mois, toutes les phases implantées ont été altérées, et d'autres minéraux, oxy-hydroxydes de fer et de titane, sont apparus. La réactivité des minéraux secondaires avec les conditions de milieu est donc rapide à l'échelle des temps pédologiques dans les sols étudiés.

**Mots-clés :** Minéraux test, Altération, Sols ferrallitiques, Forêt équatoriale, Amazonie, Kaolinite.

S. C. : CEREGE, Europôle  
Méditerranéen de l'Arbois,  
BP n° 80, 13545 Aix-en-Provence  
Cedex 4, France ;

Y. L. : UTV, BP n° 132,  
83957 La Garde Cedex, France ;

T. D. : INPA/ORSTOM,  
Laboratorio de Ecologia,  
CP 478, 69011 Manaus (AM), Brésil ;

S. N. : CRMC2-CNRS,  
Campus de Luminy, case 913,  
13288 Marseille Cedex, France.

**Abstract** **Rapid weathering kinetics of secondary minerals  
in forest ferralsols of Central Amazonia: bag-mineral method**

Secondary minerals of soil depend on physical-chemical conditions in the soil horizons where they form, which are largely controlled by biological activity. Small bags containing various minerals, gibbsite, two kinds of kaolinite, and a silica gel, were introduced in top ferralsol horizons under Amazonian forest, in order to determine the kinetics of dissolution-precipitation reactions. After 6 months in soil, all the minerals had been weathered, and newly generated iron and titanium oxy-hydroxides had been formed. The conclusion is that, in the studied soil, secondary mineral reactions to environmental conditions progress in a short time compared with pedological times.

**Keywords:** Test minerals, Weathering, Ferralsols, Equatorial forest, Amazonia, Kaolinite.

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

N° : 43157

Cote : Bex 1.

**Abridged  
English  
Version**

FERRALSOLS are considered as deeply weathered soils. Their formation time, under moist tropical climate, is often long and with an intensive leaching (Millot, 1983; Pedro and Melfi, 1983). The secondary formed minerals are the last of the stability series of silicate and Fe-Al oxy-hydroxide minerals. Many ferralsols are characterized by kaolinite horizons overlying more gibbsitic horizons (Lucas, 1989). The classical soil formation models give no explanation of such a profile, which has often been considered as a radi-

Recent studies of a ferralsol situated in the Manaus area, Amazonia, show that the kaolinite-over-gibbsite profile was formed *in situ* (Giral, 1994; Lucas, 1989; Lucas *et al.*, 1986), and that the soil can be considered as a dynamic equilibrium (Boulet, 1978). The stability of the kaolinite in the upper part of the profile is likely due to biological activity. The forest recycles a significant amount of chemical elements, particularly Si and Al, which control mineral-solution equilibria (Lucas *et al.*, 1993; Rose *et al.*, 1993). Callot *et al.* (1992) observe mineral formation in most cells of a

Note

présentée par  
Georges Pédro.

remise le 20 février 1995.

It is thus recognized that soil minerals depend on environmental conditions, but the kinetics of *in situ* dissolution and new generation of secondary minerals are still poorly known. To study this problem, bags of test minerals (Ranger *et al.*, 1986) were introduced in the topsoil horizons (under the litter, at 5, 10 and 20 cm deep) of a ferralsol developed on a quartzo-kaolinitic sediment (Alter do Chão, Bezerra, 1989), where the biological activity is the greater (Chauvel *et al.*, 1984; Luizão *et al.*, 1992; Toutain, 1984). The bags are made with Durapore material filters, they contain one gram of two kinds of kaolinite, a synthetic gibbsite, a silicagel. This material is hydrophilic, not biodegradable, with a 0.22  $\mu\text{m}$  porosity. The bags were removed after 6 months in the soil during a whole dry season and the beginning of the rainy season (June 1993 to January 1994).

No modification of the bag minerals appears through the X-ray diffraction analysis. This result suggests that modifications, if they exist, are lower than 5%. TEM observations and microanalyses show, however, some modi-

– Groups of crystallized Fe sticks are probably goethite (photo. H).

– Most of the kaolinites preserve their original form (photo. A), but there appear some irregular forms, blunted angles, cracked sides (photo. B), and some silicagel.

– The gibbsite partially loses their polyhedral form (photo. C) for irregular one (photo. D).

– At the beginning of the experiment, the silicagel formed big dark irregular particles without any special form (photo. E). After 6 months in the soil, it becomes more or less translucent to electron beam. There is disintegration of the silicagel particles (photo. F).

After six months in topsoil horizons, all the minerals were weathered, and newly generated iron oxy-hydroxides and titanium oxides formed. Ambrosi *et al.* (1986) have shown petrographic evidence of iron oxides and oxy-hydroxides formation associated with

– Round dark well crystallized Ti minerals in the studied soil, secondary mineral reac-

sion verticale de plusieurs fronts d'altération successifs, avec peu ou pas d'apports extérieurs. D'autres arguments viennent renforcer cette thèse. Les caractères des argiles étudiées par diffraction des rayons X et par spectroscopie infrarouge varient très progressivement du bas vers le haut du profil (Lucas *et al.*, 1986). Giral (1994) montre que les rapports isotopiques des oxygènes des kaolinites de l'ensemble de ce profil sont en équilibre avec ceux des eaux météoriques actuelles. Toutes ces observations permettent de conclure que le profil est en équilibre dynamique (Boulet, 1978), ce qui signifie qu'à chaque niveau les minéraux sont

des reliques des conditions climatiques passées. Dans le cas du profil de Manaus, il y a correspondance entre la composition isotopique de l'oxygène des kaolinites et celle des eaux de pluies actuelles. Cela peut être dû, soit à une stabilité du climat pendant le temps de formation des profils, soit à un rééquilibrage rapide des kaolinites avec les conditions bioclimatiques actuelles.

Pour répondre à ces questions, une expérience visant à estimer les vitesses de réaction et le sens des transformations minérales a été réalisée grâce à l'implantation de minéraux test en sommet de profil, selon une technique initialement développée par Pan-

Kaolinite

A : à l'état initial ;

B : après 6 mois dans le sol.

Gibbsite

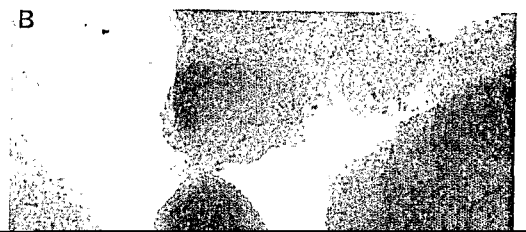
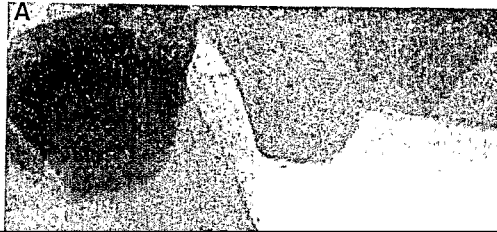
C : à l'état initial ;

D : après 6 mois dans le sol.

Verre silicieux

E : à l'état initial ;

F : après 6 mois dans le sol.



0,5 mm. Certains sachets ont cependant été perforés au bout de 6 mois par des racines, et d'autres entièrement découpés au bout d'un an. Afin de minimiser les perturbations

sentent des angles émoussés, des formes irrégulières, des bords et surfaces d'aspect cloqué (*photo. B*). On observe également fréquemment des gels non cristallins, sous

Ces résultats préliminaires montrent que la plupart des minéraux secondaires (kaolinite, gibbsite, goéthite, anatase) sont, dans les horizons de surface, très probablement en équilibre avec les conditions de

minéraux ou organisations minérales peuvent cependant échapper à ces équilibres. Il existe, par exemple, en profondeur, des nodules hématitiques dont la structure est héritée de conditions anciennes (Lucas