

FILAMENTS CALCIFIÉS DANS DES SOLS VOLCANIQUES: FORMES MINÉRALES OU BIOLOGIQUES ?

D. Dubroeuq*, D. Geissert, P. Roger*** et S. Escoffier*****

*ORSTOM, 32 avenue Henri Varagnat, F-93143 Bondy Cedex

**Instituto de Ecologia A.C., apartado postal 63, 91000 Xalapa, Veracruz, Mexico

***ORSTOM, Université de Provence, CESB/ESIL, 163 avenue de Luminy, F-13288 Marseille Cedex 9

La diversité des formes de la calcite dans les encroûtements calcaires des sols des régions arides et semi-arides a longtemps été interprétée comme le résultat d'un phénomène d'évaporation (5, 8, 9). Les observations au MEB d'encroûtements pédologiques ont par la suite montré l'importance des formes biologiques manifestement liées aux carbonatations, tant dans les sols de régions tempérées (3, 4) que des régions arides et désertiques (11, 12, 13). La formation des encroûtements calcaires n'est cependant pas très bien connue à l'heure actuelle, surtout dans le cas d'un substrat principalement siliceux et non calcaire, comme des cendres rhyolitiques, qui est précisément l'exemple étudié.

MATERIEL ET MÉTHODES : Sur l'altiplano Mexicain en climat semi-aride, des pins plantés depuis 15 ans et des pins de 30 ans et plus présentent, autour du chevelu racinaire, des accumulations de calcaire poudreux dans le premier cas, et d'encroûtements calcaire relativement compact dans le second cas. Le profil se compose de plusieurs sols superposés dans des cendres et des ponces rhyolitiques sur 3 à 4 m d'épaisseur. Une première série d'échantillons non perturbés de sol avec des racines de pin a été prélevée. Des lames minces de ces échantillons ont été observées en microscopie optique. Des fragments des mêmes échantillons, directement montés sur support de carbone et métallisés à l'or, ont été observés au MEB et analysés avec une sonde EDX. Les diagrammes comportent les éléments majeurs sauf C, H, N, et O. Une deuxième série d'échantillons des mêmes sites a été mise en culture sur différents milieux afin de dénombrer la flore totale cultivable, les actinomycètes et les champignons.

RÉSULTATS ET DISCUSSION : Le matériel calcifié apparaît constitué de fragments de baguettes calcaires mêlées à un réseau des filaments biologiques sinueux et non carbonatés de 0.2 à 0.4 μm de section. Ces filaments sont le plus souvent couverts d'un manchon gélatineux de 0.5 μm de section environ, enrichi en Ca et rigide, et dont la section augmente à 2 μm dans les formes entièrement calcifiées. La diversité des formes d'accrétion, depuis le manchon jusqu'à la baguette avec des croissances épitaxiales de cristaux de calcite rhomboédrique apparaissent comme étant divers stades de calcitisation des manchons qui recouvrent les filaments. L'accumulation des fragments calcifiés produit un matériau calcaire très poreux dans lequel des cristallisations secondaires de calcite fibreuse et/ou rhomboédrique (6) et des silicifications secondaires de silice amorphe consolident l'ensemble. Ces dernières montrent tous les stades intermédiaires entre les gels de silice et les assemblages de lépisphères. On ne rencontre les lépisphères de silice que dans des fragments de racines pétrifiées nettement plus anciens que la végétation actuelle. Les échantillons cultivés montrent de faibles populations en bactéries et en actinomycètes, environ de 10^4 individus par g. de sols sec respectivement, 100 fois inférieures à un sol

normal (1, 2). La présence de champignons est observée uniquement dans un échantillon. Mais les rapports bactéries/actinomycètes qui sont de l'ordre de 1 et anormalement bas (7), indiquent une prolifération des actinomycètes dans ce milieu, dont 70 à 90% est représenté par le genre *Streptomyces*. En culture, les filaments sont abondants, fins de 1 µm, très longs et de consistance ferme, voire cartilagineuse. Les filaments observés au MEB sont toutefois nettement plus fins. Cette différence entre l'aspect au MEB et l'aspect naturel des actinomycètes (7, 10) peut s'expliquer par un rétrécissement dû à la perte en eau sous vide et sous irradiation. Ce rétrécissement s'observe aussi sur les spores d'actinomycètes et sur les hyphes de champignons.

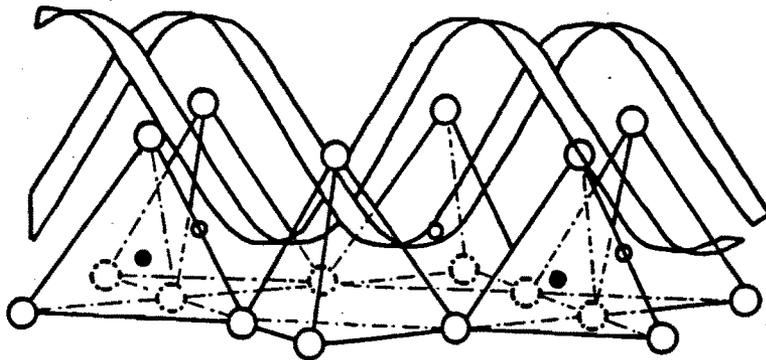
CONCLUSIONS : Les observations au MEB montrent que l'enveloppe semi-rigide qui recouvre les filaments se transforme progressivement en un manchon calcaire avec une fente longitudinale. Ce manchon finit par se rompre en baguettes qui s'accumulent dans les vides autour des racines de pins et forment des dépôts de calcaire poudreux. Ces carbonatations friables s'observent près du réseau racinaire de pins de 15 ans d'âge. Leur induration par des calcifications et des silicifications secondaires s'observe sous des pins de 30 ans et plus, ce qui est un laps de temps relativement court pour un phénomène pédologique. Ces accumulations calcaires n'ont pas été observées sous d'autres espèces telles que *Fagus* et *Cupressus*, ce qui indique un fort impact des pins sur l'évolution du milieu. L'aspect au MEB des filaments et des spores et les résultats des cultures portent à admettre que les filaments sont d'actinomycètes et plus particulièrement du genre *Streptomyces*, bien que les cultures n'aient pas montré de calcifications mais seulement une consistance ferme des filaments.

RÉFÉRENCES

1. Alexander, M., 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons (eds.). 407 p.
2. Boullard B, Moreau R (1962) Sol, microflore et végétation. Masson, Paris, France (ed) 172 pp.
3. Callot, G., Mousain, D., Plassard, C., 1985a. Concentrations de carbonates de calcium sur les parois des hyphes mycéliens. *Agronomie*, 5(2), p.143-150.
4. Callot, G., Guyon, A., Mousain, D., 1985b. Inter-relations entre aiguilles de calcite et hyphes mycéliens. *Agronomie*, 5(3), p.209-216.
5. Donner, H.E., and Lynn, W.C., 1989. Carbonate, halide, sulfate, and sulfide minerals, in Dixon, J.B., and Weed, S.B., eds., *Minerals in soil environments*: Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, p. 279-234.
6. Feodoroff, N., Courty, M.A., Lacroix, E., and Oleschko K., 1994. Calcitic accretion on indurated volcanic materials (example of tepetates, Altiplano, Mexico). *15th International Congress of Soil Science*, Acapulco, Mexico, July 10-16, 1994. *Transact.*, vol. 6a, p.460-473.
7. Hattori, T., 1973. Microbial life in the soil. M Dekker N.Y. (Pub.) 427pp.
8. Jenny, H., 1941. Calcium in the soil: III. Pedologic relations. *Soil Sci. Soc. Am. Proceedings*, 6, p.27-37.
9. Klappa, C., 1979. Calcified filaments in Quaternary calcretes: organo-mineral interactions in the subaerial vadose environment. *Journ. Sediment. Petrology*, 49(3), p.955-968.
10. Locci, R., 1989. Streptomycetes and related genera. Pages 2451- 2508 in Bergey's manual of systematic bacteriology Vol. 4. Williams and Wilkins (Pub.) Baltimore
11. Monger, H.C., Daugherty, L.A., Lindemann, W.C., and Liddell, C.M., 1991. Microbial precipitation of pedogenic calcite. *Geology*, 19, p.997-1000.
12. Phillips, S.E., Milnes, A.R., and Foster, R.C., 1987a. Calcified filaments: an example of biological influences in the formation of calcretes in South Australia. *Austr. Journ. of Soil Research*, 25, p.405-428.
13. Phillips, S.E., and Self, P.G., 1987b. Morphology, crystallography and origin of needle-fiber calcite in quaternary pedogenetic calcretes of South Australia. *Austr. Journ. of Soil Research*, 25, p.429-444.

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
●sass@versailles.inra.fr