

## **Altération microbienne des oxydes de fer : Mobilisation et redistribution des éléments majeurs et en traces dans les Ferralsols de Nouvelle-Calédonie**

Quantin C.<sup>1\*</sup>, Becquer T.<sup>2</sup>, Berthelin J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LiMos (Laboratoire des Interactions Microorganismes - Minéraux - Matières Organiques dans les Sols), CNRS-UHP, BP 5, F- 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex

<sup>2</sup> IRD c/o LiMos, (Laboratoire des Interactions Microorganismes - Minéraux - Matières Organiques dans les Sols), CNRS-UHP, BP5, F- 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex

\*nouvelle adresse Dept des Sciences de la Terre, FRE Orsay Terre 2566, Univ. Paris-Sud XI, F-91405 Orsay cedex

De nombreux sols tropicaux contiennent de grandes quantités d'oxydes de Fe et Mn, auxquels peuvent être associées des quantités importantes de métaux de transition comme Co, Cr et Ni. Certains sols en position alluviale peuvent être soumis à des conditions d'engorgement plus ou moins temporaire et des conditions réductrices peuvent s'installer. Les processus de réduction peuvent augmenter la disponibilité des métaux avec l'intervention possible de bactéries ferri et mangani-réductrices (Berthelin, 1988 ; Francis et Dodge, 1990). Une augmentation de l'activité microbienne anaérobie due à la biodégradation des matières organiques peut donc avoir une incidence majeure sur la dissolution des oxydes et des métaux associés, ainsi que sur la distribution des métaux dans les différents compartiments géochimiques des sols. Cette présentation rassemble les résultats d'expériences montrant l'impact de cette activité bactérienne sur le transfert des métaux vers la solution du sol et sur leur redistribution dans la phase solide, en relation avec la biodégradation des matières organiques.

Les expériences ont été conduites en batch avec des échantillons de sol prélevés dans l'horizon sub-superficiel d'un Ferralsol du sud de la Nouvelle-Calédonie, situé en position alluviale de la toposéquence de Ouénarou (Becquer *et al.*, 1995). Ce sol est particulièrement riche en oxydes de Fe et Mn, associés à Co, Ni et Cr adsorbés ou présents en substitution dans les réseaux cristallins. Au cours des expériences, différentes sources de matières organiques sont disponibles pour les micro-organismes : matières organiques du sol, avec ou sans addition de glucose ou cellulose, substrats plus facilement biodégradables. Différentes analyses ont été réalisées sur la solution du sol (spéciation de Fe et Mn, dosage des métabolites microbiens, Eh, pH) et sur les compartiments solides (extractions sélectives séquentielles) (Quantin *et al.*, 2001, Quantin *et al.*, 2002b). Les expériences sont réalisées en conditions biotiques et abiotiques de façon à distinguer les phénomènes d'origines microbienne et chimique.

Au cours de la biodégradation des matières organiques, l'activité microbienne conduit à la dissolution des oxydes de Fe et Mn, d'autant plus forte que cette activité est stimulée par l'apport de substrats organiques facilement métabolisables (Quantin *et al.*, 2001). La réduction microbienne solubilise les métaux associés aux oxydes (Co et Ni). Des corrélations hautement significatives sont observées entre la minéralisation des matières organiques et la solubilisation de Fe, Mn, Co et Ni. La source principale de métaux est un oxyde de manganèse (Quantin *et al.*, 2002a), alors que ce minéral est très minoritaire en comparaison des goethites substituées, qui semblent n'être qu'une source secondaire de métaux. De plus, la nature et la disponibilité du carbone organique régulent l'intensité des processus.

L'activité microbienne modifie également la distribution de Fe, Mn, Co et Ni dans les différents compartiments solides du sol au profit de formes plus disponibles, comme les formes hydrosolubles, échangeables et associées aux oxydes de Fe amorphes ou mal cristallisés (Quantin *et al.*, 2002b). Au cours de l'altération biologique, on observe une amorphisation des oxydes de Fe et une augmentation de la quantité de métaux associés à cette phase. De nouvelles phases minérales, comme le gel de Si-Fe observé en microscopie électronique à transmission, peuvent apparaître et jouer un rôle de piège à métaux (Quantin *et al.*, 2002b). Les oxydes de Mn sont dissous en très grande partie et les métaux associés initialement sont redistribués au sein des autres compartiments géochimiques du solide.

Ces études ont montré la présence de bactéries capables de coupler l'oxydation de matières organiques variées avec la réduction du fer et du manganèse dans les sols hydromorphes et temporairement hydromorphes. Ces bactéries jouent donc un rôle majeur dans la dissolution des oxydes de Fe et Mn et des métaux associés, mais également dans l'évolution des éléments majeurs et en traces au sein de la phase solide et dans leur disponibilité. Les sols des plaines alluviales, qui peuvent être soumis à de tels phénomènes pendant la saison des pluies, sont donc particulièrement vulnérables. Ces processus sont d'une importance majeure dans le transfert des métaux vers la solution des sols et les plantes, comme observé dans la production végétale en Nouvelle-Calédonie. De plus, dans ce cas spécifique, ils peuvent contribuer à la dégradation du lagon.

### Références

- Becquer, T., Bourdon, E. and Pétard, J., 1995. Disponibilité du nickel le long d'une toposéquence de sols développés sur roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 321, série IIa: 585-592.
- Berthelin, J., 1988. Microbial weathering processes in natural environments. In: M.M. Lerman A. and Meybeck, M. (ed.), *Physical and Chemical Weathering in Geochemical Cycles*. Kluwer Academic Press, London, 33-59.
- Francis, A.J. and Dodge, C.J., 1990. Anaerobic microbial remobilization of toxic metals coprecipitated with iron oxide. *Environ. Sci. Technol.*, 24(3): 373-378.
- Quantin, C., Becquer, T., Rouiller, J.H. and Berthelin, J., 2001. Oxide weathering and trace metal release by bacterial reduction in a New Caledonia Ferralsol. *Biogeochemistry*, 53(3): 323-340.
- Quantin, C., Becquer, T. and Berthelin, J., 2002a. Mn-oxide: a major source of easily mobilisable Co and Ni under reducing conditions in New Caledonia Ferralsols. *C. R. Geoscience*, 334(4): 273-278.
- Quantin, C., Becquer, T., Rouiller, J.H. and Berthelin, J., 2002b. Redistribution of metals in a New Caledonia Ferralsol after microbial weathering. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, in press.

Association Française



pour l'Etude des Sols



***Journées Nationales  
de l'Etude des Sols***

**2002**

*Orléans, 22 - 24 octobre 2002*

---

*Actes des 7<sup>èmes</sup> Journées*