



22663-98

Agence de l'eau
Rhin-Meuse

**Les polluants minéraux dans des
sédiments.
Analyse physico-chimique et biologique
de remobilisation**

**Travaux effectués au Centre de Pédologie Biologique
(C.P.B) du C.N.R.S.
au 1er Juillet 1998**

Responsable : J. Berthelin

Collaborateurs : G. Belgy, B. Gérard, C. Munier-Lamy, C. Quantin, J.M. Portal

Statuts des polluants minéraux dans des sédiments. Conditions physico-chimique et biologique de remobilisation



I.- Introduction et situation du sujet

Une première phase de travaux (Rapport n° 4 de janvier 1996 et Rapport final 1996) a montré que des éléments en traces métalliques et non métalliques (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, ...) (souvent désignés par le terme métaux lourds) sont présents dans des sédiments de trois rivières lorraines (Bièvre, Fensch, Rosselle). Ces éléments, qui peuvent être considérés comme des polluants potentiels ont des teneurs variables. En général, leur concentration est plus importante dans la fraction **particulaire** fine (fraction granulométrique fine). Ils sont associés à divers compartiments ou constituants minéraux ou organo-minéraux solides (phosphates, oxyhydroxydes, sulfures, matières organiques) des sédiments. Ces phases porteuses de métaux sont le plus souvent acide-solubles et réductibles, mais aussi, pour une part, oxydables.

Le statut de ces polluants est sous la dépendance de phénomènes physico-chimiques et biologiques qui modifient leur état (passage des phases solides aux solutions et inversement), comme l'ont montré des expériences d'incubation au cours desquelles la biodégradation des matières organiques favorise la solubilisation des métaux.

Pour définir leurs statuts et leur mobilité potentielle, il paraît nécessaire d'établir une bonne connaissance des phénomènes d'accumulation dans la matrice sédimentaire et de libération dans la solution en précisant les facteurs physico-chimiques et biologiques régissant les processus de mobilisation (acidification, complexation, oxydo-réduction, biodégradation) avant d'étendre l'étude à une plus grande variété de sédiments naturels.

II.- Objectifs

Ces objectifs visent à :

1. Travailler sur des systèmes simplifiés (sédiments de synthèse) et de référence (sédiment de référence choisi parmi ceux de l'étude précédente citée en référence) pour comprendre les mécanismes physico-chimiques et biologiques de remobilisation ou de piégeage et poser les bases de reconstitution de l'histoire réactionnelle par type de statut et type de polluant.

2. Etudier la stabilité et la biodégradation des composés organiques et minéraux dans le sédiment et l'eau en déterminant les conditions de remobilisation, en particulier par les microflores indigènes.

cellulose dans le sédiment de synthèse comme M.O. modèle est possible et semble plus immédiate que l'utilisation d'un composé humique. En effet, la biodégradabilité d'un tel composé sera limitée et la préparation soit par extraction soit par synthèse conduira à un composé trop spécifique qui ne représente que de façon limitée les matières organiques naturelles (humifiées et non humifiées).

Taux cumulé de minéralisation (C-CO₂ ‰)

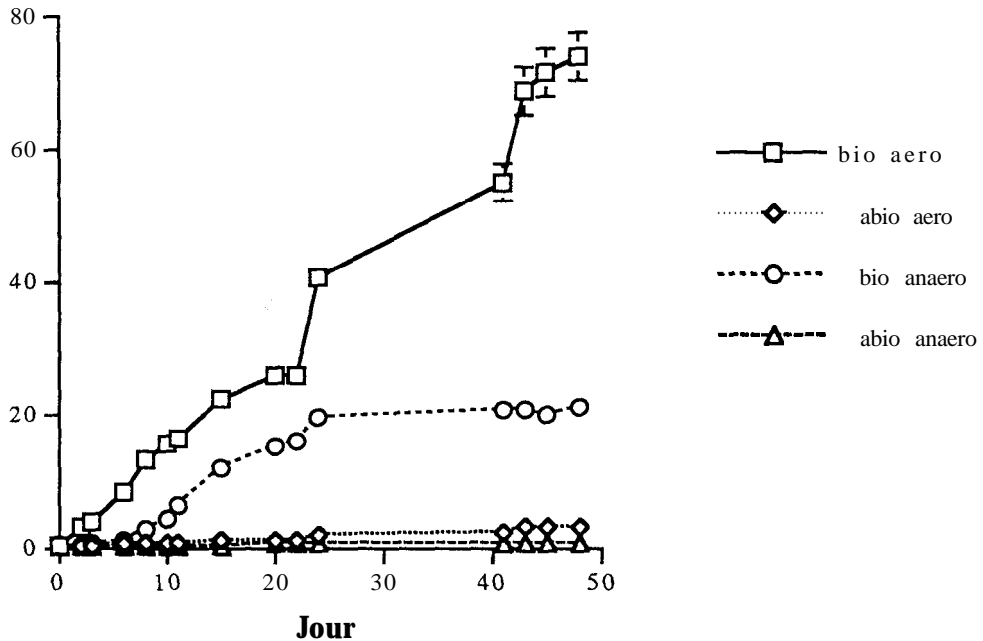


Figure 4.- Minéralisation de la M.O. du sédiment de **la Rosselle** pour les essais biotiques et abiotiques en conditions **aérobies et anaérobies en conditions stimulées par apport de cellulose**

IX.- Conclusion et perspectives à court terme

Tous les sédiments étudiés (Bièvre, Rosselle, Fensch) contiennent de 4 à 28 % de matières organiques extractibles potentiellement, facilement biodégradables. Ces matières organiques présentent des sites de fixation des métaux, dont la capacité sera précisée dans la prochaine étape, et sont aussi source de carbone et d'énergie pour les microflores indigènes aérobies et anaérobies, dont elles stimulent l'activité.

Les matières organiques du sédiment de référence (Rosselle) présentent ces mêmes caractéristiques globales. On constate une localisation préférentielle des matières organiques humifiées dans la fraction fine des sédiments (particules de la taille des limons fins et des argiles : 20-2 et 2-0 µm). Le rapport carbone/azote, beaucoup plus faible dans ces fractions, révèle la présence de produits d'origine microbienne ou de constituants cellulaires microbiens.

Une part importante des matières organiques est peu extractible. Seulement 8 % du carbone organique sont extractibles et sont donc sous forme d'acides humiques et fulviques essentiellement.

Il y a lieu de souligner que les matières organiques non extractibles (humine) ont aussi un rapport C/N relativement faible et semblent ainsi potentiellement biodégradables.

Les métaux en traces présents dans ces sédiments, sont le zinc, le plomb, le cuivre et, à une teneur moindre, le chrome, le nickel, le cobalt et le cadmium. Leur teneur est relativement plus importante dans les fractions fines (inférieures à 50 μm).

La microflore présente dans ces sédiments comprend de 10^6 à 10^7 bactéries aérobies et anaérobies par g de sédiment. Ces bactéries comprennent des communautés qui dégradent les matières organiques complexes de type humique et, bien sûr, des composés plus simples et bien définis comme la cellulose. La biodégradation concerne 3 % du carbone organique en 50 jours en conditions aérobies et seulement 0,5 % en conditions anaérobies. Ces biodégradations s'accompagnent de dissolution de phases minérales qui sont porteuses de métaux lourds (éléments en traces).

En anaérobiose, la dissolution concerne particulièrement le fer des oxyhydroxydes, qui est réduit, mais sans doute aussi d'autres minéraux comme les carbonates. En aérobiose, cette dissolution concernera d'abord les carbonates. Elle s'accompagne de solubilisation d'éléments en traces et, dans le cas présent, du zinc essentiellement.

Des composés organiques modèles bien définis, comme la cellulose, sont facilement dégradés et pourront donc stimuler les activités microbiennes impliquées dans les changements d'état des métaux.

A très court terme, les associations entre métaux et phases porteuses organiques et minérales des sédiments seront précisées par des méthodes d'extraction sélective, appliquées en parallèle des caractérisations physiques (spectrométriques). Les résultats seront comparés à ceux des expériences qui seront conduites sur les sédiments modèles simplifiés (sulfures, phosphates, oxyhydroxydes).

Les études de biodégradation des matières organiques et de mobilisation des éléments minéraux (métaux lourds) seront développées, d'une part avec le sédiment de référence (Rosselle) et, d'autre part, avec les modèles simplifiés (sulfures, phosphates, oxyhydroxydes de synthèse dopés en zinc et cadmium) et les matières organiques modèles (cellulose et composés de type humique).

Ces études, dont les résultats montrent déjà les relations entre certains constituants des sédiments et la fixation et l'accumulation des métaux et le rôle de l'activité microbienne dans la remobilisation des métaux, conduiront aussi à préciser les mécanismes de mobilisation et piégeage des métaux. Elles permettent de définir et hiérarchiser les paramètres les contrôlant comme les conditions d'oxydoréduction, la nature des matières organiques et de l'activité microbienne déterminée par les conditions physico-chimiques du milieu et la nature des constituants présents.