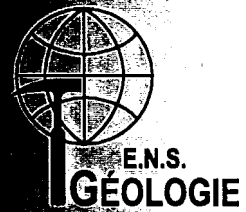
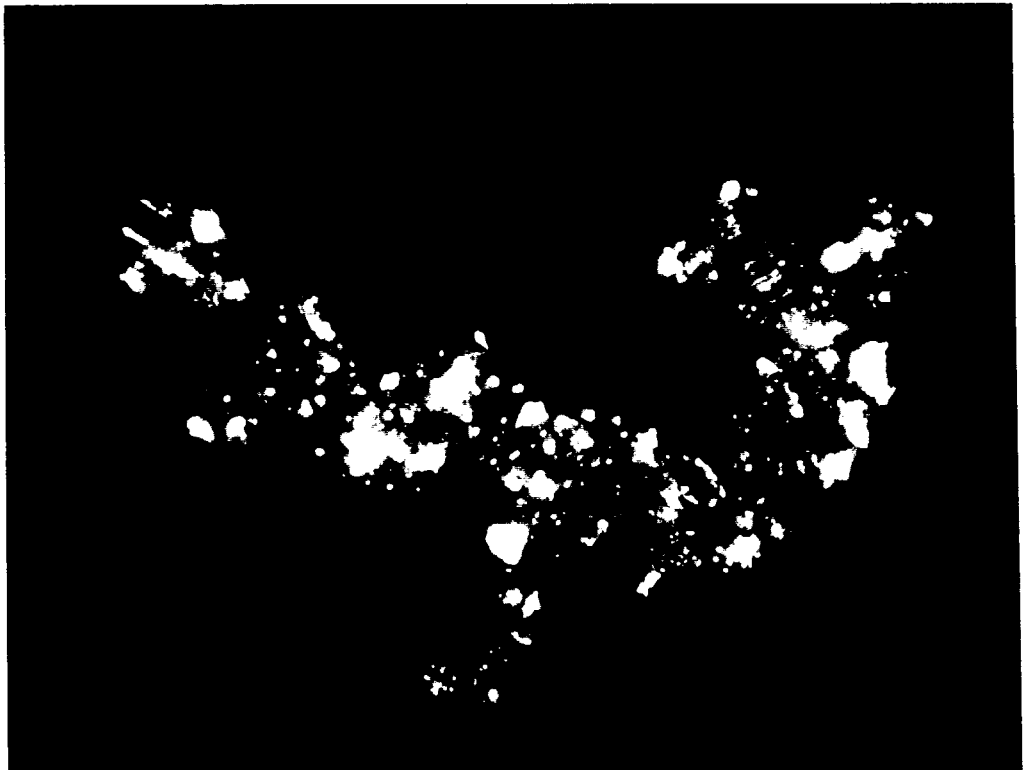




*Laboratoire Environnement et Minéralurgie  
UMR 7569  
rue du Doyen Marcel Roubault, BP 40  
54500 VANDŒUVRE*



# **Comportement granulométrique, structure, et composition, des matières en suspension fluviales**



**B.S. LARTIGES, S. DENEUX-MUSTIN, O. BARRES,  
C. BLAISON, J. YVON, I. BIHANNIC**  
*Laboratoire Environnement et Minéralurgie*

**C. MUSTIN, G. VILLEMIN**  
*Centre de Pédologie Biologique*

# SOMMAIRE

Résumé	2
Abstract	3
1- Introduction	4
I-1 Situation du problème	4
I-2 Objectifs de l'étude	5
II- Section expérimentale	6
II-1 Prélèvement des échantillons	6
II-2 Préparation des échantillons	6
II-3 Mesure de la répartition en taille des échantillons	8
II-4 Composition des MES	9
II-5 Caractérisation microscopique des MES	10
III- Résultats et Discussion	
III-1 Répartitions granulométriques des sédiments	11
III-2 Représentativité des répartitions granulométriques	14
III-3 Composition des agrégats des MES	18
III-3-1 Microscopie optique des MES	18
III-3-2 Composition de la fraction minérale	19
III-3-2-1 Diffraction des rayons X	19
III-3-2-2 Spectroscopie Infrarouge	19
III-3-3 Composition de la fraction organique	24
III-3-3-1 Teneurs en C, N, et carbone soluble	24
III-3-3-2 Spectroscopie infrarouge	26
111-3-4 Organisation des agrégats des MES	-28
III-3-4-1 Structure fractale des agrégats	28
111-3-4-2 Microscopie Electronique à Transmission	29
IV Conclusions	34
Références	35
Annexe A	37
Annexe B	54
Annexe C	56
Annexe D	61

## Résumé

Le but de ce travail est d'établir dans quelle mesure le mode de **prélevement**, de préparation et d'analyse, influencent la répartition en taille **des matières** en suspension fluviales (MES). Pour cela, différents **échantillons** d'eau brute et de sédiments (centrifugation en continu **des MES**) ont été prélevés en 1996-1997 sur le Rhin à Lauterbourg. Les distributions en taille des MES ont été mesurées après chacune des étapes du protocole préconisé par la Commission Internationale du Rhin: dispersion dans de l'eau déionisée, agitation magnétique, ultrasons, et lyophilisation.

La comparaison par ACP des distributions granulométriques **précédentes** à la répartition en taille des MES de l'eau brute (distribution de **référence**), montre qu'une information sur l'évolution relative au cours du temps de la taille moyenne des MES peut être obtenue seulement à partir du **sédiment** redispersé. En revanche, les tailles moyennes des sédiments mesurées après les étapes d'ultrasonication et de lyophilisation sont à peu près indépendantes du diamètre moyen donné par les courbes granulométriques de l'eau brute. L'information contenue dans la forme de la distribution en taille est quant à elle perdue dès le prélevement par centrifugation. C'est donc principalement le traitement des échantillons qui impose les caractéristiques de taille et de forme des répartitions **granulométriques** des MES.

Cette sensibilité des mesures de taille aux conditions **d'échantillonnage** et d'analyse s'explique par la présence de matière agrégée dans les MES. L'examen en microscopie optique des sédiments fluviaux **montre** en effet une majorité d'agrégats bio-organo-minéraux dont les **éléments** figurés de nature minérale et biologique sont piégés au sein d'une **matrice** d'origine organique. L'étude en spectroscopie infrarouge révèle que **cette** matrice est de composition très voisine de celle des exopolymères **bactériens** des floccs de boue activée. L'observation en microscopie **électronique** à transmission permet de vérifier la présence des bactéries et **des produits** polymériques qui leur sont associés. Finalement, l'absence de **corrélation** entre taille moyenne de la fraction minérale et taille moyenne **des** MES de l'eau brute, suggère que c'est la matrice organique des agrégats, **et donc** en grande partie l'activité bactérienne, qui détermine structure et **taille** des sédiments fluviaux en suspension.

# 1 - Introduction

## 1.1 Situation du problème

Les matières en suspension (MES) contenues dans les eaux fluviales jouent un rôle fondamental dans le transport des éléments naturels et polluants qui leur sont associés. D'une manière générale, le devenir des MES dans les eaux de surface - transport ou sédimentation - est principalement contrôlé par leur taille ou plus précisément par leur répartition en taille. Une bonne connaissance de ce paramètre est donc nécessaire si l'on veut rendre fiables les modèles de transport des éléments et prédire l'impact d'une pollution dans le milieu naturel.

Obtenir une mesure fiable et reproductible de la granulométrie des MES demande toutefois quelques précautions. Les conditions de prélèvement (Gibbs 1981; Eisma 1986), la nature et la durée du stockage (PIMips et Walling 1995), la procédure de préparation des échantillons (Matthews 1991; Phillips et Walling 1995), et la méthode granulométrique utilisée (Eisma 1986; Bale et Morris 1991), sont en effet connues pour influencer la mesure de taille des MES.

Une telle sensibilité de la répartition en taille des MES aux conditions d'échantillonnage et d'analyse s'explique essentiellement par la présence de matière agrégée au sein des sédiments fluviaux (Zabawa 1978, Eisma 1986, Droppo et Ongley 1992; Liss et al. 1996). Les agrégats sont en effet par nature plus fragiles et de cohésion moindre que des particules de taille équivalente. Pour pallier à ces inconvénients, plusieurs auteurs se sont tournés vers des techniques de granulométrie *in situ* telles que la photographie sous-marine (Eisma 1986; Heffler et al. 1991) ou la granulométrie laser à l'aide d'un instrument immergé (Bale and Morris 1991; Phillips and Walling 1995). Cependant, la plupart des suivis analytiques effectués par les agences de bassin ne sont pas compatibles avec la lourdeur et le coût de tels équipements. Une méthode traditionnelle de prélèvement sur site et d'analyse ultérieure des caractéristiques des sédiments fluviaux en laboratoire est donc le plus souvent préférée.

Actuellement, l'agence de bassin Rhin-Meuse utilise pour ses analyses de répartition en taille des MES, un protocole défini par la Commission Internationale du Rhin qui comprend : le pompage et la centrifugation en continu des eaux fluviales pour obtenir un "concentré" des MES, un stockage plus ou moins long à une température de 4°C, la redispersion du sédiment dans de l'eau ultrapure par agitation magnétique

Journal

ultrasons, la lyophilisation de la suspension ainsi obtenue, et une nouvelle redispersion avec ultrasonication de la suspension avant mesure de la taille par granulométrie laser (Commission Internationale du Rhin).

Du fait de la nature agrégée des sédiments fluviaux, la distribution granulométrique ainsi obtenue diffère probablement de la répartition en taille originelle des MES au sein de la rivière. Les fractions granulométriques seraient donc en partie définies par les techniques de prélèvement et de préparation des échantillons, et introduiraient alors un biais systématique dans les modèles de transport des contaminants dans les zones de surface. Comme ces données de taille sont en général les seules disponibles, il est impératif de connaître l'importance de ce biais, ou en d'autres termes, de déterminer dans quelle mesure la distribution granulométrique obtenue après traitement des échantillons reste représentative de la répartition en taille réelle des MES.

### Objectifs de l'étude

Le but premier de cette étude est donc d'étudier l'influence du mode d'échantillonnage et de préparation des sédiments fluviaux sur la répartition en taille des MES. A partir des résultats obtenus, il devrait être possible de définir un protocole optimum de mesure de la taille des sédiments fluviaux, et de réexploiter les mesures de granulométrie effectuées auparavant par l'agence de bassin.

Les données expérimentales concernant la nature des MES restent relativement peu fréquentes dans la littérature, et il nous a semblé intéressant de compléter l'étude granulométrique par une caractérisation microscopique (visualisation des agrégats, nature et position relative des éléments figurés) et spectroscopique (composition des MES, nature de la zone de liaison) des sédiments prélevés. Ces données supplémentaires devraient permettre de préciser certains des facteurs et mécanismes qui contrôlent l'état d'agrégation et donc la répartition en taille des MES.

phylliteux autour des plages de matière organique très biodégradées (figure 17b). De même, il est intéressant de noter que la plupart des éléments de taille supérieure à 10 microns apparaissent avec une auréole dépourvue de matière figurée plus fine, ce qui peut être interprété comme le résultat d'un effet hydrodynamique se produisant lors de l'insertion de ces éléments. Par ailleurs, aucune trace d'accrétion n'a pu être mise en évidence lors de l'étude des limites d'agrégats, et le mécanisme de base permettant l'association des différentes parties des agrégats reste donc à définir.

#### **IV CONCLUSIONS**

A priori, le terme de matières en suspension devrait désigner un ensemble hétérogène d'objets dont la composition et la nature seraient susceptibles d'évoluer au cours du temps. En fait, l'étude du comportement granulométrique des échantillons prélevés, et leur caractérisation par différentes techniques, nous donnent une image des sédiments fluviaux plutôt constante et homogène.

Cependant, au sein même des particules des MES, des éléments figurés de nature et de taille très différentes peuvent être distingués par microscopie électronique à transmission. La phase de liaison, identifiée par spectroscopie infrarouge, correspond à une matrice polymérique d'origine bactérienne, qui joue le rôle d'agent structurant pour l'agrégat ainsi défini. La faible variabilité des rapports C/N suggère d'ailleurs que cette phase polymérique est toujours majoritaire.

Les modes de formation et de croissance des agrégats n'ont pu être déterminés dans cette étude. Il semble pourtant primordial de comprendre comment les particules colloïdales, généralement reconnues comme les principaux porteurs de produits polluants, sont transférés dans les matières particulaires des MES. L'activité bactérienne importante qui y règne, est en effet susceptible de modifier profondément le statut des différents polluants transportés (biodégradation, formation de clusters métalliques...). Cette hypothèse mérite être vérifiée expérimentalement; elle conduirait à redéfinir complètement le rôle des MES dans le cycle des polluants, et impliquerait d'articuler la limite colloïde/particule dans l'environnement au niveau de la taille des bactéries.