

Glossaire

- Adsorption** : liaison d'un élément en surface d'une particule.
- Anoxie** : absence d'oxygène dans la colonne d'eau et dans les sédiments qui peut survenir suite à un apport massif de matière organique.
- Apatites** : minéraux très insolubles composés de calcium et de phosphate.
- Bio-irrigation** : irrigation du sédiment par l'eau surmontant suite à la présence d'organismes qui, par exemple, creusent des galeries.
- Bioturbation** : mouvement des organismes qui mélangent les sédiments sur les premiers centimètres.
- Flux advectif** : déplacement d'une espèce sous l'influence d'un mouvement d'ensemble du sédiment.
- Flux diffusif** : déplacement d'un élément d'un compartiment concentré vers un compartiment dilué en vue d'atteindre un équilibre chimique.
- Méthanogenèse** : minéralisation bactérienne de la matière organique conduisant à la formation de méthane et de dioxyde de carbone.



Photo Géosystèmes

Références

- Charriau A. (2009) «Etude de la contamination organique et métallique associée aux sédiments du district hydrographique international de l'Escaut» Thèse de doctorat, Université Lille 1, 219 p.
- Lesven L. (2008) «Devenir des éléments traces métalliques au sein du sédiment : un compartiment clé de l'environnement aquatique» Thèse de doctorat, Université Lille 1, 179 p.
- Lourino-Cabana B. (2010) «Comportement des éléments traces métalliques (ETM) dans deux systèmes aquatiques soumis à des activités minières et métallurgiques». Thèse de doctorat, Université Lille 1, 288 p.

Études partenariales AEAP-Université Lille 1 : www.eau-artois-picardie.fr/



Photo Géosystèmes

Problématique des échanges eau-sédiment dans les systèmes aquatiques



L'apport de particules sédimentaires dans les rivières et canaux est lié à l'érosion et au lessivage des sols, ainsi qu'aux retombées atmosphériques.

Le relief étant peu marqué dans le bassin Artois-Picardie, les débits sont faibles et les fonds de la plupart des cours d'eau sont majoritairement constitués de sédiments fins (sables, limons, argiles et matière organique). Ces sédiments servent également de support au développement d'une flore bactérienne complexe ainsi que d'habitat pour une faune diversifiée (mollusques, vers...).

Les particules fines fixent les polluants organiques et métalliques. Après un bref séjour dans la colonne d'eau, les particules et les polluants associés sédimentent. Le piégeage de ces polluants par le sédiment peut être définitif en cas d'enfouissement ou transitoire quand ils sont ré-introduits dans la colonne d'eau.

Dans le cadre de l'accord de coopération entre l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et le laboratoire Géosystèmes (Université Lille1), plusieurs études ont été menées pour mieux comprendre l'évolution du comportement des polluants dans le sédiment de surface et pour quantifier les échanges de contaminants à l'interface eau-sédiment.

Dans le bassin Artois-Picardie où les profondeurs dans les rivières et les étangs excèdent rarement 3-4 m et où les faibles débits permettent aux sédiments de s'accumuler rapidement, l'interface eau-sédiment est susceptible de jouer un rôle majeur sur la qualité des masses d'eau. Les stocks de polluants (métaux, phosphore...) accumulés dans les sédiments de surface peuvent désormais constituer des sources continues de pollution contrariant ainsi les efforts réalisés pour atteindre le bon état des milieux aquatiques au sens de la Directive Cadre sur l'Eau.



Contributeurs

Gabriel Billon / Ludovic Lesven / Pierre-Jean Supervilla /
Emilie Prygiel (Géosystèmes ; UMR 8217 Univ. Lille 1 / CNRS)
Jean Prygiel (Agence de l'Eau Artois-Picardie)

Mise en forme / édition

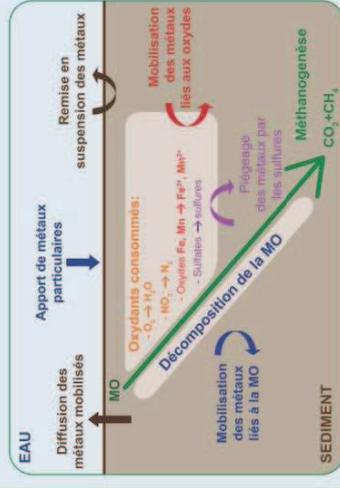
Mathias Broutin (Laboratoire d'Océanologie et Géosciences; UMR 8187 ULCO / CNRS / Univ. Lille1)
Sandra Vantalon (Géosystèmes ; UMR 8217 Univ. Lille 1 / CNRS)



Mécanismes de la diagenèse précoce dans les sédiments de surface

Le sédiment n'est pas seulement un lieu où s'accumulent des particules minérales et organiques. C'est avant tout un réacteur biogéochimique où de nombreuses transformations ont lieu (diagenèse précoce). Dans les sédiments de surface, le principal moteur de ces transformations est la dégradation de la matière organique (MO) par les bactéries qui consomment les oxydants présents : oxygène, nitrates, oxydes de fer et de manganèse, sulfates et certaines formes de la matière organique (méthanogénèse*). Ces transformations modifient considérablement la distribution et la réactivité des métaux dans les sédiments. L'anoxie* générée par ces transformations n'est cependant pas forcément irréversible dans les sédiments de surface. Un apport continu d'oxydants peut être généré par diffusion, par remise en suspension du sédiment et par la présence d'organismes (bioturbation*, bio-irrigation*). La compréhension de ces mécanismes permet de mieux expliciter le comportement des métaux dès leur dépôt.

Le sédiment de surface : un compartiment hétérogène à gradients



Le sédiment de surface n'est pas un compartiment homogène : on peut voir sur la photo ci-contre des galeries de vers, des dépôts plus ou moins foncés en surface. Généralement la production des sulfures de fer noircit les sédiments. Ainsi, dans les zones oxygénées ou ces sulfures sont rapidement réoxydés (interface eau-sédiment, galeries en contact avec l'eau suraérée), les sédiments gardent une teinte brune. D'autres gradients non visibles à l'œil nu peuvent être quantifiés en laboratoire et sont en adéquation avec le schéma ci-dessus.

Distribution des métaux dans les sédiments de surface

Les métaux sont très majoritairement présents dans les particules : soit adsorbés*, soit sous forme de précipités. Dans la colonne d'eau, les matières en suspension sont en général constituées de sables, de carbonates, d'oxydes, de matière organique et d'argiles.

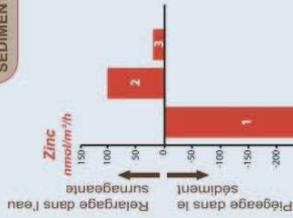
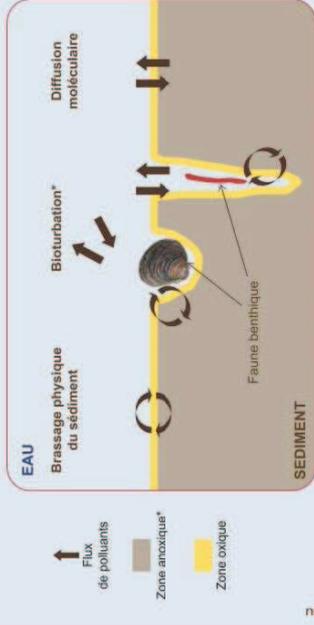
Dans les sédiments, la réduction des oxydes et la décomposition de la matière organique libèrent une fraction des métaux dans les eaux interstitielles. Une diffusion des métaux dissous vers la colonne d'eau est alors possible. Plus en profondeur, la production de sulfures va piéger efficacement les métaux et limiter ainsi leur mobilité. L'introduction de ces sulfures dans la colonne d'eau oxygénée à la suite d'une remise en suspension du sédiment va engendrer une réoxydation partielle de ces phases réduites, et libérer alors partiellement les métaux.

* définition référencée dans le glossaire

Echanges à l'interface eau-sédiment

Une partie des matières en suspension est généralement piégée dans les sédiments de surface. Des remobilisations partielles peuvent néanmoins avoir lieu lors des crues ou du trafic fluvial. Pour les éléments dissous, les échanges peuvent être de deux sortes : diffusif (diffusion des éléments du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré) ou advectif (brassage du sédiment). Les flux diffusifs à l'interface eau-sédiment peuvent être estimés à l'aide des sondes de diffusion sur gel (DGT). Les flux totaux (diffusif + advectif) peuvent être estimés à l'aide d'un système d'incubation mis au point par le Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences de Wimereux.

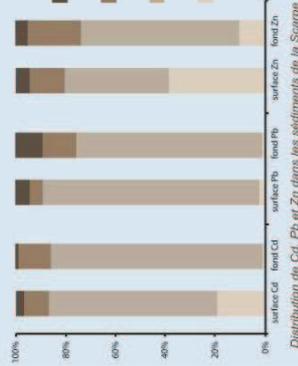
Echanges du zinc dissous entre la colonne d'eau et le sédiment dans la Deûle



Les sédiments de la Deûle à Noyelles-Godault sont hautement contaminés en plomb, zinc et cadmium. Pour autant, dans la colonne d'eau, les concentrations en métaux dissous restent « acceptables ». Par exemple, à la surface des sédiments, la présence d'oxygène dans l'eau permet aux oxydes de piéger efficacement le zinc. En l'absence d'oxygène, les oxydes sont dissous et relarguent le zinc dans la colonne d'eau. On note que le flux diffusif* est marginal par rapport au flux total.

Flux de Zn à l'interface eau-sédiment dans la Deûle
1 : totaux oxydés, 2 : totaux anoxydés, 3 : diffusif

Associations métaux - particules dans les sédiments de la Scarpe



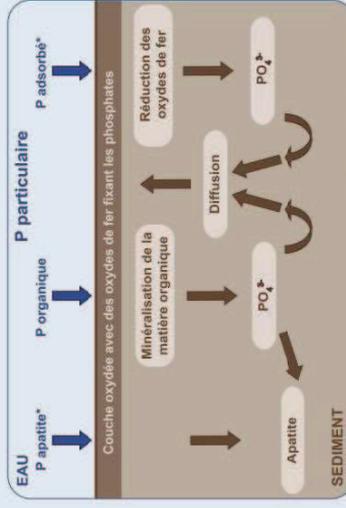
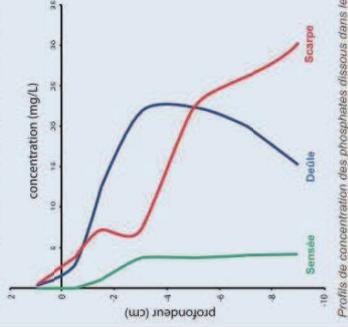
La distribution du cadmium, du plomb et du zinc dans les sédiments de la Scarpe montre que chaque élément est associé de façon différente aux particules sédimentaires, ce qui les rend plus ou moins disponibles. On remarque qu'en surface, une fraction importante de Cd et Zn est associée aux carbonates alors qu'en profondeur, la fraction prépondérante concerne les sulfures pour les 3 métaux (voir histogrammes).

On peut comparer les teneurs en sulfures et en métaux dans les sédiments. En effet, si les sulfures sont majoritaires, ils vont piéger efficacement les métaux. Dans le cas contraire, une fraction des métaux pourrait rester disponible. Dans ces sédiments, le risque se situe principalement en surface (zone 1) : plus en profondeur, les sulfures sont très majoritaires et bloquent la mobilité des métaux (zone 2) (voir profils de concentration).

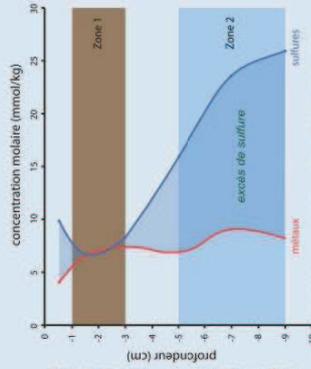
Cas du phosphore

Le phosphore est un élément nécessaire au développement des végétaux aquatiques. Néanmoins, n'ayant pas de forme gazeuse, il se concentre naturellement dans les sédiments où ses teneurs sont de l'ordre du g/kg. Dans les sédiments de surface, la réduction des oxydes de fer et la dégradation de la matière organique par les bactéries conduisent à un changement de forme du phosphore. Cela se traduit par une augmentation des concentrations en phosphates dans les eaux interstitielles, avec des teneurs pouvant être 10 à 50 fois plus fortes que dans les eaux de surface.

Libération des phosphates dissous dans les sédiments de surface



Cycle simplifié du phosphore dans les sédiments de surface



Profils de concentration des métaux et des sulfures dans les particules sédimentaires de la Scarpe