

Glossaire

Biodisponible : fraction des polluants assimilables par les organismes souvent assez proches de la fraction labile.

Compartiment anoxique : compartiment dépourvu d'oxygène.

Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : Directive européenne qui fixe un cadre et des objectifs à atteindre à l'horizon 2015 pour l'état des eaux de surface et souterraines. Le compartiment sédimentaire est évoqué mais aucun objectif de qualité à atteindre n'est précisé actuellement.

DGT : Diffusive Gradient in Thin Films ; sondes sur lesquelles les polluants les plus biodisponibles sont accumulés pendant plusieurs jours, directement dans le milieu aquatique.

Eau interstitielle : eau présente dans le sédiment.

Fer : le fer est un élément qui fixe les contaminants lorsqu'il est oxydé (Fe^{III}). Sous cette forme, il est très peu soluble. Une fois réduit en Fe^{II} en absence d'oxygène, il se dissout et libère les polluants. Il peut aussi précipiter avec des composés soufrés comme les sulfures.

Flux de polluants à l'interface des sédiments : quantité de toxique dissous qui traverse l'interface eau-sédiment par unité de temps et de surface.

Gammarre : petit crustacé d'eau douce utilisé comme organisme indicateur de pollution.

Labilité : un métal peut être lié plus ou moins fortement avec d'autres composés (par exemple la matière organique). Quand les liaisons sont faibles, on parle alors d'espèces labiles. Ce sont également les formes les plus biodisponibles.

Soufre : le soufre est un élément qui peut être oxydé (sulfates) ou réduit en l'absence d'oxygène sous forme de sulfures. Cette réduction se produit grâce aux bactéries sulfato-réductrices. Les sulfures précipitent efficacement de nombreux contaminants métalliques : Hg, Pb, Cd, Zn...

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.

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



Photo Géosystèmes

Le développement d'outils spécifiques répond tout particulièrement aux problématiques du bassin Artois-Picardie qui compte de nombreux cours d'eau lents et canalisés où l'accumulation sédimentaire est importante et où les échanges eau-sédiment peuvent être significatifs. Dans les canaux, ces échanges peuvent être exacerbés par le trafic fluvial qui remet quotidiennement les sédiments, contaminés ou non, en suspension. Ces outils peuvent également être appliqués dans les quelques petits plans d'eau peu profonds, caractéristiques du bassin Artois-Picardie, où les échanges de métaux et de phosphore entre la colonne d'eau et les sédiments peuvent être intenses, et constituer un obstacle à l'atteinte du bon état. Ils sont donc particulièrement utiles pour la mise en œuvre des contrôles d'enquête.



GEOSYSTEMES



Contributeurs

Gabriel Billon / Ludovic Lesven / Pierre-Jean Superville /

Emilie Pryglie (Géosystèmes ; UMR 8217 Univ. Lille 1 / CNRS)

Jean Pryglie (Agence de l'Eau Artois-Picardie)

Mise en forme / édition

Mathias Broutin (Laboratoire d'Océanologie et Géosciences; UMR 8187 ULCO / CNRS / Univ. Lille1)

Sandra Ventalon (Géosystèmes ; UMR 8217 Univ. Lille 1 / CNRS)

Nouvelles techniques de surveillance des milieux aquatiques

Prélèvement
Echantillonneur passif
Polluants
Eau
Sédiment
Mesure en continu
Transfert à l'interface eau-sédiment

En raison du comportement complexe des polluants organiques, métalliques et des sels nutritifs présents dans les milieux aquatiques, les prélèvements mensuels et ponctuels dans l'eau et les sédiments suivis d'une quantification globale des substances tels que pratiqués actuellement dans le cadre des programmes de surveillance s'avèrent limités pour caractériser la qualité et le fonctionnement des milieux aquatiques.

De nouveaux outils ont été développés et testés pour mieux appréhender la dynamique des polluants et aborder les problèmes de biodisponibilité*. L'accent a également été mis sur le rôle joué par les sédiments dans les processus d'eutrophisation et plus généralement de la qualité de l'eau. Ces nouveaux outils ont pour vocation d'aider à la compréhension des résultats issus des programmes de surveillance.

Dans le cadre de l'accord de coopération entre l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et le laboratoire Géosystèmes (Université Lille 1), plusieurs protocoles ont été expérimentés et développés pour répondre à des questions essentielles : comment éviter au maximum les biais lors des prélèvements ? Comment aborder les notions de variabilité et de représentativité des concentrations dans les masses d'eau ? Comment étudier le devenir des métaux dans les sédiments de surface ? Comment quantifier les échanges de substances (métaux, phosphates...) à l'interface eau-sédiment ? Comment évaluer la biodisponibilité des polluants ?



GEOSYSTEMES



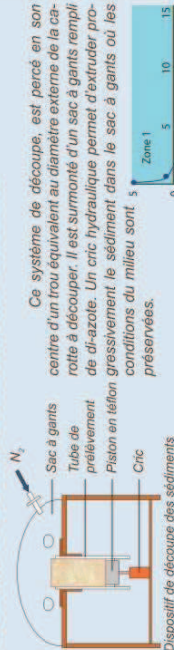
Prélèvement de sédiments

La quantification globale d'une substance dans une couche épaisse de sédiment prélevée annuellement avec une drague ne peut suffire pour évaluer sa toxicité et son devenir.

Un carottier est utilisé pour conserver l'intégrité de la colonne sédimentaire de surface (0-30 cm). La carotte sédimentaire est ensuite découpée sous diazote (voir dispositif) immédiatement après le prélèvement et l'eau interstitielle* est extraite, toujours sous diazote, par centrifugation.

Cette méthodologie relativement lourde à mettre en œuvre permet de quantifier les substances toxiques dans les particules sédimentaires et dans les eaux interstitielles* en fonction de la profondeur. Il est ainsi possible de caractériser la mobilité et la disponibilité des métaux en fonction du taux d'oxygénation des sédiments et de la présence de composés susceptibles de les piéger comme le soufre et de mettre en évidence des évolutions de concentrations en fonction de la profondeur avec une résolution de l'ordre du centimètre.

Système de découpe des sédiments sous azote



Ce système de découpe, est percé en son centre d'un trou équivalent au diamètre externe de la carotte à découper. Il est surmonté d'un sac à gants rempli de diazote. Un cric hydraulique permet d'extraire, progressivement, le sédiment dans le sac à gants où les conditions du milieu sont préservées.

Dans le canal de la Deûle, le fer²⁺ dissous est en faible concentration car précipité sous forme d'oxydes (zone 1). Sous l'interface eau-sédiment, l'absence d'oxygène permet aux bactéries de réduire ces oxydes libérant ainsi les polluants associés (zone 2).

Plus en profondeur, les métaux peuvent précipiter partiellement avec le soufre (zone 3). L'interface eau-sédiment joue donc un rôle crucial sur la remobilisation des toxiques métalliques pouvant impacter les organismes ainsi que la qualité de l'eau sus-jacente.

Systèmes d'incubation

La question du rôle joué par les sédiments sur la qualité de l'eau reste encore ouverte dans de nombreux cas. En effet, pendant plusieurs décennies, des contaminants organiques et métalliques, souvent peu solubles, se sont accumulés dans les sédiments. Ainsi ce compartiment a joué dans un premier temps un rôle épuratoire pour les eaux de surface.

Néanmoins, la rétention des polluants a, dans certains cas, atteint ses limites et les sédiments sont devenus des sources de contaminants pour l'eau surravageante, contrecarrant les efforts importants réalisés pour l'amélioration des masses d'eau en vue d'atteindre le bon état écologique à l'horizon de 2015.

La quantification des échanges de substances à l'interface eau-sédiment dépend de nombreux paramètres au niveau de l'interface : oxygénation, pH, activité biologique, structure sédimentaire de l'interface...

En collaboration avec le Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG), des systèmes d'incubation de carottes sédimentaires non destructurées ont permis de mettre en évidence des flux benthiques de substances dissoutes entre l'eau et le sédiment dans des conditions contrôlées. Ces données complètent utilement les mesures de flux obtenues par les sondes DGT*.

* définition référencée dans le glossaire

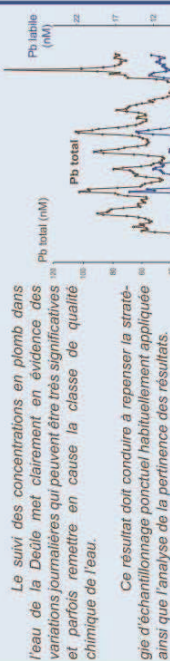
Analyses en continu sur eau

La fréquence du suivi de la qualité de l'eau est généralement d'une mesure par mois pour les métaux et se fait sur eau filtrée, (fraction dissoute). Les techniques électrochimiques développées permettent de réaliser des mesures en continu mais aussi et surtout d'évaluer la fraction labile (fraction immédiatement disponible pour le vivant).

De plus, la dynamique des contaminants peut être très rapide à l'échelle de la journée de sorte qu'une mesure ponctuelle mensuelle ne peut absolument pas rendre compte de l'exposition d'un organisme à un polluant.

Nous avons développé au cours du partenariat, une station de mesure en continu des métaux dans la colonne d'eau utilisable dans les stations de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie.

Suivi haute fréquence du plomb dans la Deûle

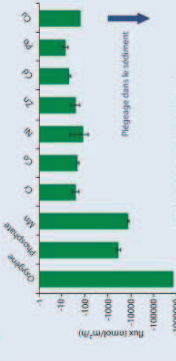


Station mobile de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie déployée sur la Deûle

Par exemple, une augmentation d'un facteur 2 des concentrations en métaux peut être liée à la variabilité naturelle et/ou à des activités humaines (rejet et trafic fluvial).

A terme, ces mesures devraient permettre par exemple d'expliquer comment le phosphore sédimentaire peut alimenter la colonne d'eau et entretenir des proliférations végétales récurrentes.

Système d'incubation des sédiments de surface



La contamination métallique des sédiments de l'étang du Vignoble est importante. Pour autant, la qualité de l'eau reste bonne mais des développements préoccupants de macrophytes pourraient être liés à un apport de phosphore par les sédiments. Le système d'incubation mis au point par le LOG a été utilisé ici pour connaître les flux de contaminants dissous à l'interface eau-sédiment. Dans cette expérience réalisée avec de l'eau bien oxygénée, les sédiments adsorbent les contaminants. Par contre, si les teneurs en oxygène diminuent, le sédiment pourrait devenir une source de polluants.

Photo Géosystèmes

Echantillonneurs passifs ou DGT*

L'idée de la technique DGT* est de développer un outil analytique qui accumulerait pendant plusieurs jours la fraction disponible des contaminants, comme le feraient les organismes.

Les techniques DGT peuvent être déployées dans les eaux et les sédiments et selon la nature de la résine, les métaux, phosphates et sulfures peuvent être analysés. Dans les eaux, les deux intérêts principaux sont :

- (i) une pré-concentration des substances qui permet de les analyser plus facilement et ;
- (ii) d'intégrer les variations de concentrations sur plusieurs jours (correspondant au temps de déploiement de la sonde). Dans les sédiments, la sonde DGT est introduite verticalement et permet d'obtenir une résolution des profils de concentrations à l'échelle millimétrique et d'estimer des flux de polluants à l'interface eau-sédiment*.



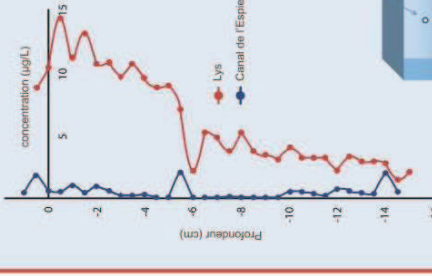
Les DGT permettent d'approcher les fractions biodisponibles* des contaminants métalliques. Des essais sont actuellement effectués avec l'IRSTEA pour comparer la réponse DGT avec l'accumulation des polluants par les gammarus*.

Gammarus sp.

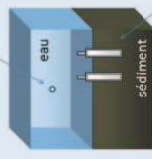
Mesure des métaux dissous par DGT* dans l'eau et les sédiments

Dans les sédiments du canal de l'Esperre riches en sulfures, le nickel est piégé par le soufre. Les concentrations dans les eaux interstitielles* sont donc plus faibles et les échanges avec la colonne d'eau sont restreints. Dans ce cas, le sédiment agit comme un puits à contaminants.

Dans les sédiments de la Lys à Wervick, les faibles teneurs en sulfures à l'interface eau-sédiment permettent la libération du nickel le plus biodisponible* dans les eaux interstitielles lors de la dégradation de la matière organique. Cette interface est donc ici une source de nickel dissous pour la colonne d'eau.



Support DGT pour l'eau



Support DGT pour le sédiment

Variations des teneurs en nickel dans les eaux interstitielles des sédiments de la Lys et du canal de l'Esperre mesurées par sondes DGT



Photo Géosystèmes