

Les échanges eau-sédiment : devenir et mobilité du phosphore

Guy Thoumelin

Equipe Chimie Marine, UMR Géosystèmes, USTL

Guy.thoumelin@univ-lille1.fr

Le phosphore (P) est un élément peu abondant sur terre puisqu'il ne représente que 0,7 % de la lithosphère. Il est aussi un composant essentiel de la matière organique vivante et il est assimilé par les végétaux sous forme d'ions phosphate (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-}) solubles dans l'eau. En milieu aquatique, le phosphore, sous forme de phosphates, et l'azote, sous forme de nitrate, sont les principaux facteurs limitants du développement phytoplanctonique. Cependant le phosphore est le plus limitant car un déficit d'azote couplé à une abondance en phosphore peut entraîner l'apparition d'un développement important de cyanophycées capables de fixer l'azote atmosphérique.

La quantité de phosphore dans les eaux douces a été considérablement augmentée par l'activité humaine via les effluents urbains, agricoles (lisiers) et industriels. Cet excès de phosphore a entraîné l'eutrophisation, c'est-à-dire le développement d'algues phytoplanctoniques, voire de macrophytes, dans de nombreux plans d'eau et rivières. Même si les apports en phosphore d'origine anthropogénique sont en diminution, via le traitement des effluents urbains et industriels, une grande quantité de cet élément a été, et est actuellement stocké dans les sédiments. Dans certaines conditions ce phosphore peut diffuser dans la colonne d'eau.

Le phosphore aboutit au sédiment sous forme particulière à l'état organique ou inorganique. Le phosphore inorganique en phase solide dans le sédiment est présent soit sous forme de composés stables, comme l'apatite ($\text{Ca}_5[\text{X}(\text{PO}_4)_3]$ avec $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{OH}$), soit sous forme d'ions PO_4^{3-} adsorbés notamment sur les oxydes de fer ferrique (Fe (III)), et qui sont plus mobiles chimiquement.

Deux processus interviennent pour libérer les phosphates adsorbés sur les oxydes de Fe(III) :

- **la réduction bactérienne qui détruit ces oxydes de Fe(III)** et qui dissout le fer sous forme de d'ions ferreux (Fe^{2+}). Cependant si O_2 dissous est présent à l'interface eau - sédiment, il retransforme les ions Fe^{2+} en oxydes de Fe(III) qui adsorberont à nouveau les ions PO_4^{3-} en les empêchant de diffuser dans la colonne d'eau. Par contre, la disparition d' O_2 dissous en cas de biodégradation excessive empêchera ce phénomène et les ions PO_4^{3-} diffuseront alors dans la colonne d'eau et contribueront à relancer le développement algal.

- **la réduction bactérienne des ions sulfates en hydrogène sulfuré (H_2S) suivie de la réduction chimique des oxydes de Fer (III) en sulfures de Fer (II)**. Les sulfures de Fe (FeS et FeS_2) n'adsorbent pas les ions PO_4^{3-} qui peuvent alors diffuser dans la colonne d'eau.

L'étude du phosphore sédimentaire au laboratoire en partenariat avec l'agence de l'eau Artois Picardie a débuté lors de la thèse d'Anne Michalet soutenue en 1998. Cette thèse avait pour sujet l'influence des rejets des stations d'épuration de Douai et de Saint Quentin sur la teneur en phosphore des sédiments adjacents respectivement de la Scarpe et de la Somme. L'influence de la déphosphatation entreprise dans la station de Saint Quentin s'est traduite par une teneur en phosphore sédimentaire plus faible dans les sédiments de la Somme. Dans les sédiments des deux rivières le phosphore lié au fer représente plus de 40% du phosphore sédimentaire.

Le phosphore sédimentaire a aussi été étudié au plan d'eau des Prés du Hem en 2008. Cette étude avait pour but de tester les propriétés algostatiques de la paille d'orge pour empêcher le développement excessif des cyanophycées qui est incompatible avec l'utilisation de ce plan d'eau en tant que base de loisir. Néanmoins, cette paille d'orge n'a pas été épandue dans les conditions requises et sa biodégradation à l'interface eau-sédiment s'est déroulée dans des conditions anaérobies. Ceci s'est traduit par un relargage de PO_4^{3-} dans l'eau, ainsi que de Fe(II) et de Mn(II). Dans le sédiment du canal d'alimentation du plan d'eau le phosphore échangeable, principalement associé aux oxydes de fer, représente 40 à 45% du phosphore total. Par ailleurs un flux de phosphates du sédiment vers l'eau sus-jacente a aussi été mis en évidence par des incubations de carottes sédimentaires au laboratoire.

L'efficacité de la paille d'orge dans le contrôle du développement des cyanophycées sera à nouveau évaluée en 2010 à l'étang du Pont Rouge au Quesnoy, toujours dans le cadre de la collaboration Agence de l'eau avec l'équipe chimie marine, et en partenariat avec la fédération de pêche du département du Nord Un deuxième objectif à cette étude est aussi d'améliorer les connaissances de la dynamique du phosphore sédimentaire qui peut poser un problème quant à la maîtrise de l'eutrophisation dans un plan d'eau à moyen et à long terme, même si les apports extérieurs en phosphates sont maîtrisés. Lors de cette étude le phosphore sera analysé dans l'eau et les sédiments. D'autres paramètres seront mesurés soit sur le terrain (T, pH, O2 dissous, etc.) soit au laboratoire après prélèvement (Fe, Mn, etc.). En parallèle un suivi algal sera assuré ainsi que des mesures automatiques de pigments par fluorimétrie.

