

## **Impact des processus sédimentaires sur les flux de phosphore simulés avec le modèle hydro-écologique ProSe dans la Seine à l'aval de l'agglomération parisienne**

Impact of sedimentary processes on the phosphorus fluxes simulated with the hydro-ecological model ProSe in the Seine River downstream from Paris

Lauriane Vilmin<sup>a,\*</sup>, Nicolas Flipo<sup>a</sup>, Michel Poulin<sup>a</sup>, Alexis Groleau<sup>b</sup>, Josette Garnier<sup>c</sup>, Gilles Billen<sup>c</sup>, Nejla Grouz<sup>c</sup>, Chantal De Fouquet<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Geosciences, Mines Paris Tech, Fontainebleau, France ; <sup>b</sup> Laboratoire de Géochimie des Eaux, Université Paris Diderot, CNRS, IGGP, UMR 7154, Paris, France ; <sup>c</sup> UMR 7619 Sisyphe, CNRS/UPMC, Paris, France

\* [lauriane.vilmin@mines-paristech.fr](mailto:lauriane.vilmin@mines-paristech.fr)

### **RÉSUMÉ**

Un travail de diagnostic de l'effet des paramètres d'érosion sur la qualité de l'eau en rivière a été réalisé. Une analyse statistique a été faite sur les concentrations simulées en orthophosphates, fortement liées à la quantité de matière en suspension présente, et a montré l'intérêt de simuler l'adsorption.

Le secteur simulé s'étend de la confluence avec la Marne jusqu'à l'entrée de l'estuaire de la Seine, à environ 250 kilomètres en aval, et encadre les principaux rejets de l'agglomération parisienne. Le pas de temps de calcul est de dix minutes et les résultats sont comparés à des mesures hebdomadaires fournies en six stations par le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne).

L'introduction de l'adsorption dans ProSe permet, pour l'année 2008, de réduire le biais sur les concentrations calculées en orthophosphates de 12%. Après calage de l'érosion, ce biais atteint 14%. Ce type d'analyse statistique permet non seulement de mieux caler le modèle ProSe actuel, mais aussi de fournir des pistes pour l'améliorer en vue de l'utiliser à différentes échelles de temps, notamment très fines comme ce sera le cas pour le projet CARBOSEINE.

### **ABSTRACT**

A diagnosis of the impact of the erosion parameters on the river's water quality was performed. A statistical analysis was done on the calculated concentrations of orthophosphates, which are strongly linked to the amount of suspended matter in the river, and demonstrated the advantages of simulating the adsorption process.

The Seine River is simulated from its confluence with the Marne River until the city of Poses, about 250 kilometres downstream. This area is highly impacted by human activities and includes the largest waste effluents in the Paris area. The calculation time step is ten minutes and the results are compared with weekly measures in six SIAAP stations.

With the simulation of the adsorption process, the bias on the dissolved phosphorus concentrations was reduced by 12%. A bias of 14% was finally obtained after calibration of the erosion.

With this type of statistical analysis, the current ProSe model can be better fitted. New tracks can also be suggested to improve the model, as it will be done for the CARBOSEINE project.

### **MOTS CLES**

Adsorption, fleuve Seine, matière en suspension, modélisation hydro-biogéochimique, phosphore.

## 1 INTRODUCTION

Le domaine étudié s'étend de la confluence de la Seine avec la Marne jusqu'à l'entrée de l'estuaire de la Seine, près de 250 kilomètres en aval. Ce linéaire traverse l'agglomération parisienne, où la Seine subit de très fortes pressions anthropiques (rejets de stations d'épuration et déversements de temps de pluie). Les stations d'épuration ainsi que les principaux déversoirs d'orage sont gérés par le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne).

Dans le cadre de différentes études, des simulations annuelles de la qualité des eaux de la Seine ont été conduites à l'aide du logiciel hydro-biogéochimique ProSe (Even et al., 1998). Des simulations ont ainsi été réalisées sur les années 2003 à 2010 pour le SIAAP. Ces interactions ont permis d'appréhender les besoins des gestionnaires et de proposer des améliorations du logiciel.

Les processus d'adsorption et de désorption des orthophosphates appréhendés expérimentalement (Garnier et al., 2005) ont été intégrés récemment dans le modèle (Poulin et al., 2009). Cependant, pour bien représenter les variations de concentration en orthophosphates, un calage préalable de l'érosion est nécessaire. On se propose de caler les paramètres décrivant l'érosion et de montrer l'influence de ce processus physique sur les concentrations en orthophosphates dans la colonne d'eau. Pour cela, plusieurs simulations ont été réalisées utilisant les données de l'année 2008. Les résultats ont été analysés à l'aide de critères statistiques.

## 2 DIAGNOSTIC DE L'EFFET DES PARAMETRES D'EROSION

Dans ProSe, la puissance utilisée pour maintenir en suspension les particules a deux origines : i) une fraction de la puissance hydraulique locale dissipée par l'écoulement (paramétrée par  $\eta$ ), ii) la puissance transmise par la navigation ( $P_{\text{navig}}$ , constante fixée par l'utilisateur). La première est dominante en hiver, lors des périodes de fort débit, tandis que la seconde va apporter un niveau de base de matière en suspension dans les périodes de faible débit.

Afin de calibrer l'érosion, des tests statistiques ont été réalisées avec des valeurs de  $P_{\text{navig}}$  variant entre 0,000125 et 0,000625 g/(sm<sup>2</sup>) et  $\eta$  variant entre 3 et 7,5. Pour évaluer chaque simulation, la RMSE (racine de l'écart quadratique moyen) et le biais des chroniques simulées par rapport aux mesures ont été calculés en chaque station de mesures du SIAAP, ainsi que sur l'ensemble de ces stations.

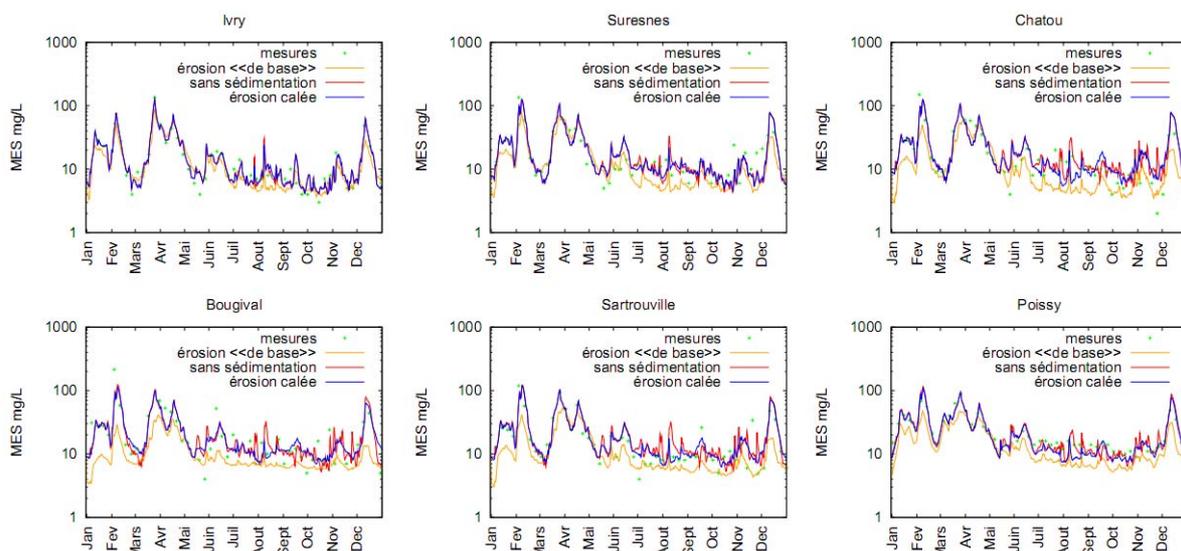


Fig. 1 : Comparaison entre les concentrations en matière en suspension calculées pour 2008 (avec les paramètres d'érosion « de base », sans sédimentation et avec érosion calée) et les mesures aux six stations du SIAAP

Les valeurs retenues sont de 0,0005 g/(sm<sup>2</sup>) pour  $P_{\text{navig}}$  et de 7,5 pour  $\eta$ . Avec ces nouveaux paramètres, la RMSE est réduite de plus de 5 mg/L sur l'ensemble de la simulation annuelle pour les six stations et de plus de 1 mg/L sur la période du 15 mai au 15 novembre 2008.

### 3 DIAGNOSTIC DE L'ADSORPTION DES ORTHOPHOSPHATES

Le module biogéochimique dans ProSe est fondé sur le modèle RIVE. Le phosphore dissous peut être adsorbé sur les matières en suspension. Il n'est alors plus disponible pour les besoins de croissance des organismes vivants. Dans ProSe, l'adsorption suit une loi de Michaelis-Menten, amortie par un coefficient d'amortissement numérique (Poulin et al., 2009).

Une comparaison entre deux simulations calculant la qualité de l'eau de l'année 2008 avec et sans adsorption des orthophosphates a permis de montrer que l'introduction des processus d'adsorption et de désorption des orthophosphates améliore la simulation des concentrations en orthophosphates. Le biais sur les concentrations calculées sur l'année 2008 passe de 34 à 22%. Cependant, l'introduction de l'adsorption, avec la paramétrisation « de base » de l'érosion, induit un lissage trop important des variations de concentrations.

Les concentrations calculées en orthophosphates sont fortement influencées par les concentrations en matière en suspension dans la colonne d'eau. Après calage de l'érosion, le biais sur les concentrations en orthophosphates simulées dans la colonne d'eau atteint 14%.

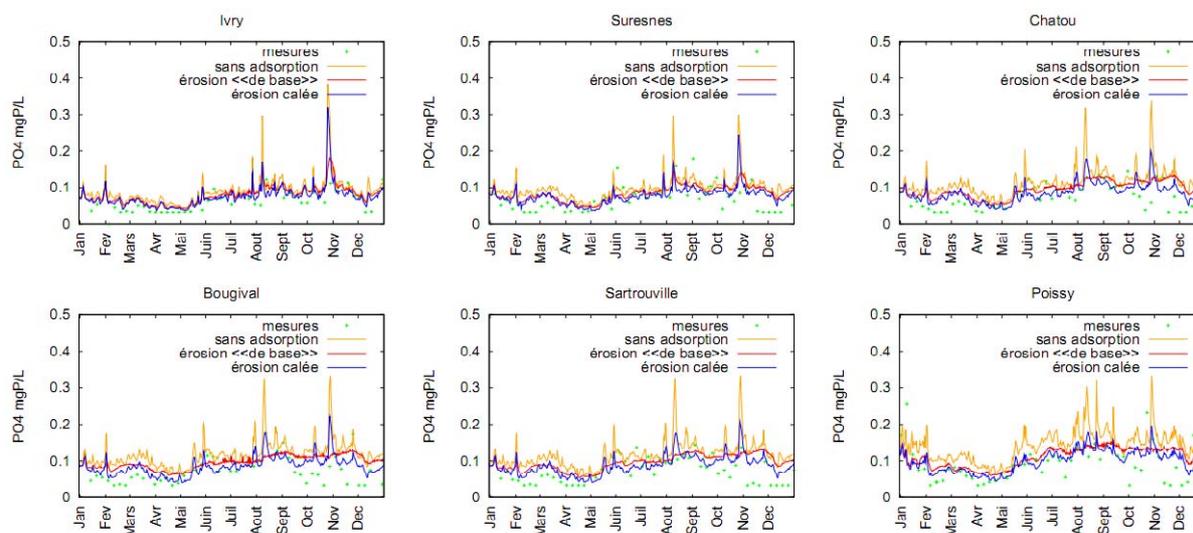


Fig. 2 : Comparaison entre les concentrations en orthophosphates calculées pour 2008 (sans adsorption, avec les paramètres d'érosion « de base » et avec érosion calée) et les mesures aux six stations du SIAAP

### 4 CONCLUSION

Cette étude a permis de caler les processus d'érosion, qui influent aussi sur d'autres processus, comme l'adsorption, afin d'améliorer la capacité prédictive du modèle en terme de concentrations en orthophosphates. Ce type de diagnostic statistique peut être envisagé pour caler d'autres processus simulés. Il permet également de hiérarchiser les améliorations à apporter au modèle. Cette démarche est indispensable avant d'adapter les outils existants pour les simulations plus fines à réaliser dans le cadre du projet CARBOSEINE.

### BIBLIOGRAPHIE

- Even, S., Poulin, M., Garnier, J., Billen, G., Servais, P., Chesterikov, A. and Coste, M. (1998). *River ecosystem modelling : Application of the ProSe model to the Seine River (France)*. Hydrobiologia, 373/374, 27-45.
- Garnier, J., Némery, J., Billen, G. and Théry, S. (2005). *Nutrient dynamics and control of eutrophication in the Marne River system: modelling the role of exchangeable phosphorus*. J. Hydrol., 304, 397-412.
- Poulin, M., Flipo, N., Billen, G. and Garnier, J. (2009). *ProSe, problématiques nouvelles et développements attendus*. Rapport d'activité PIREN-Seine.