

Apports de la modélisation de la qualité de la Seine à la définition des projets de stations d'épuration et à la gestion en temps réel du système d'assainissement

Seine River Quality Modelling and its Contribution to Waste Water Treatment Plants Performances and Real Time Control of Paris Area Sanitation System

Jean-Pierre TABUCHI⁽¹⁾, Lionel BENARD⁽¹⁾, Michel GOUSAILLES⁽¹⁾, Sébastien LEGRUEL⁽¹⁾, Ronan NEDELEC⁽¹⁾, Béatrice BLANCHET⁽¹⁾, Michel POULIN⁽²⁾,

(1) : SIAAP, 2 rue Jules César, 75012 Paris, prenom.nom@siaap.fr

(2) : Ecole des Mines de Paris, Centre de Géosciences, 35, Rue Saint Honoré, 77300 Fontainebleau - michel.poulin@mines-paristech.fr

RÉSUMÉ

Le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) a pour mission de contribuer à atteindre les objectifs de bon état définis par la directive cadre sur l'eau (DCE). Pour cela il évalue tous ses projets et programmes de maintenance avec un modèle numérique de simulation de la qualité de la Seine, ProSe, développé dans le cadre d'un programme de recherche pluridisciplinaire sur la Seine : le PIREN Seine. ProSe permet de simuler sur des années complètes le fonctionnement de la Seine. La présentation illustre 2 utilisations de ProSe : a) la définition des performances à atteindre avec la rénovation de la principale usine de traitement des eaux usées du SIAAP : *Seine aval* qui traite les eaux de plus de 6 millions d'habitants, b) un projet en cours qui vise à intégrer la qualité de la Seine dans le système de gestion en temps réel du SIAAP.

Les spécifications de la qualité du rejet de la nouvelle usine *Seine aval* ont été définies à partir de l'étude de 2 années de simulation de la qualité de la Seine pour respecter le bon état. ProSe servira également de base à la réalisation d'un modèle en temps réel de prévision de la qualité de la Seine. L'objectif du projet est d'optimiser la gestion des usines de dépollution pour respecter le bon état en ajustant les performances en fonction du pouvoir autoépurateur de la Seine.

ABSTRACT

The SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) is in charge of contributing the reach of the good status stated by the water framework directive. To do so, it assesses all its projects as well as its maintenance programs with a numerical modelling of the Seine river quality, ProSe, developed as part of a multidisciplinary research program on the Seine river : PIREN Seine. ProSe enables to simulate on over complete years of functioning of the Seine. The presentation illustrates 2 uses of ProSe : a) the performances definitions for the SIAAP's main waste water treatment plant reconstruction : *Seine aval* which treats wastewater of more than 6 million inhabitants, b) a project in progress which aims to incorporate the Seine river quality into the real time control system of the SIAAP

The specifications of discharge's quality of the new waste water treatment plant were defined by a two years simulation of the Seine river water quality in order to respect the good status. ProSe will also be used as a basis for the realization of a real time model which would predict the Seine river quality. The project objective is to optimize the management of waste water treatment plants in order to meet the good status standards by adjusting performance based on the Seine river self purification capacity.

MOTS CLES

Directive cadre sur l'eau, gestion en temps réel, modélisation qualité des eaux, Seine, station d'épuration.

1 LA MODELISATION DE LA QUALITE DE LA SEINE POUR UN PROJET

1.1 Eléments de contexte

La Seine est un fleuve très fortement anthropisé subissant la pression d'une agglomération de 12 Mhab pour un débit d'étiage d'environ 170 m³/s en aval de la région parisienne. Le SIAAP épure les eaux usées de 8,7 Mhab. *Seine aval*, la principale des 5 usines du SIAAP, a une capacité de 6,5 Mhab¹. Cette usine est obsolète et doit être reconstruite. Il s'agissait donc de définir les spécifications de la qualité du rejet à atteindre pour contribuer efficacement à atteindre les objectifs de la DCE.

La transposition en droit français de la DCE conduit à évaluer le bon état physico-chimique d'une masse d'eau sur la base du centile 90 sur 2 années de mesures pour l'ensemble des paramètres considérés. L'utilisation de ProSe sur deux années consécutives a permis de définir par itérations successives la qualité du rejet à atteindre pour respecter les objectifs de la DCE sur la base d'une approche statistique de l'impact. Les études se sont concentrées sur l'ammonium qui constitue la contrainte majeure pour la conception du projet.

1.2 Les résultats

Pour conduire les simulations, les données réelles quotidiennes de qualité et de débit de la Seine et de ses affluents sont utilisées. De même, l'ensemble des mesures sur les rejets du système d'assainissement sont injectées dans le modèle. Les années retenues, en accord avec le service de police de l'eau, sont une année sèche : 2009 et une année proche de la normale : 2008.

L'utilisation de ProSe (EVEN *et al* 2007) sur des années complètes a permis de mieux comprendre la dynamique de l'impact des rejets du système d'assainissement et plus particulièrement des rejets transitoires par temps de pluie. Les simulations montrent clairement que les dépassements des valeurs de références en aval de l'usine *Seine aval* sont occasionnés par les événements pluvieux (Figure 1). Ces dépassements sont causés chronologiquement d'abord par le rejet de l'usine *Seine aval* qui reçoit alors des volumes d'eau très importants, puis par l'addition du flux de temps sec de l'usine et de l'onde de pollution causée par les rejets des déversoirs d'orage situés plusieurs kilomètres en amont. Cela a permis, au cours d'un débat constructif avec les services de police de l'eau, de réorienter l'approche du niveau de rejet de l'usine. En effet, l'approche traditionnelle basée sur une évaluation de l'impact d'un rejet permanent dans les conditions d'étiage sévère de la Seine (84 m³/s) est une approche statique qui ne reflète pas les conditions réelles de fonctionnement du milieu. Cette approche conduisait à définir des performances très élevées dans les conditions de temps sec tout en ignorant l'impact des événements pluvieux qui sont à l'origine d'un grand nombre de déclassements de la qualité de la Seine. De plus, cette approche statique n'est pas cohérente avec le fait d'évaluer la qualité d'une masse d'eau sur la base du centile 90. Le fait de considérer le centile 90 conduit à s'intéresser plutôt aux événements "rares" et notamment toutes les situations transitoires causées par les pluies. Il est ainsi apparu que la contrainte majeure concernait la qualité du rejet par temps de pluie. Cela nous a permis de définir des spécifications de qualités de rejets par tranche de débit adaptées (tableau 1) en cherchant un compromis technico-économique entre faisabilité technique des performances et acceptabilité financière tout en vérifiant que l'objectif d'atteindre le bon état était crédible (tableau 2).

C'est sur ces bases qu'a été lancé l'appel d'offre pour la rénovation du traitement biologique des eaux de *Seine aval*.

2 LA MODELISATION DE LA QUALITE DE LA SEINE EN TEMPS REEL

Une autre application du modèle ProSe concerne la gestion en temps réel du système d'assainissement de l'agglomération parisienne. Il s'agit d'un projet en cours de réalisation.

Le SIAAP dispose actuellement de 5 stations d'épuration reliées entre elles par des émissaires. Afin d'optimiser la répartition des effluents entre les usines mais aussi pour gérer les situations de temps de pluie, le SIAAP dispose depuis 2007 d'un système de gestion en temps réel des flux hydrauliques : MAGES (Blanchet *et al* 2008).

¹ *Seine aval* dispose d'une capacité de temps sec de 1,7 Mm³/j, le traitement biologique permet de traiter 2,3 Mm³/j lors des pluies. La capacité de pointe de temps de pluie est de 2,9 Mm³/j.

Intégrer la qualité de la Seine dans le développement de ce système de gestion en temps réel est un prolongement naturel. C'est le projet qui est en cours de développement. Ce projet s'appuiera sur le modèle ProSe qui servira de base à l'élaboration d'un modèle de prévision en temps réel de la qualité de la Seine. Ce modèle intégrera des données d'entrée réelles issues de mesures de terrain et du contrôle des rejets du SIAAP et permettra de simuler la qualité de la Seine pour différentes conditions de rejets ; les flux de polluants pouvant être rejetés en Seine pour assurer le respect du bon état seront alors calculés. Sur ces bases, des propositions de consignes de gestion pourront être adressées aux usines pour respecter l'objectif.

Les objectifs du SIAAP sont de mettre concrètement la qualité de la Seine au cœur de la gestion quotidienne de ses installations et ses attentes sont d'optimiser l'exploitation des usines en cherchant un compromis entre performance et consommation d'énergie et de réactifs.

C'est aussi une nouvelle approche de la conception des autorisations de rejet. Jusqu'à maintenant ces dernières étaient conçues pour assurer, pour chaque usine, un niveau de performances élevé quelles que soient les conditions à l'exception du phosphore pour lequel il est tenu compte de la saison. Pour disposer d'une réelle marge d'optimisation de l'exploitation, les autorisations de rejets devront être plus souples et avec pour seule contrainte le respect des prescriptions découlant de la directive sur les eaux résiduaires urbaines qui s'imposent à tous les états membres. Au final, il s'agira de contrôler, à partir de la qualité de la Seine, que l'exploitation des usines est conforme au respect des objectifs de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

EVEN, S., MOUCHEL, J.-M., SERVAIS, P., FLIPO, N., POULIN, M., BLANC, S., CHABANEL, M., PAFFONI, C., 2007b. *Modeling the impacts of Combined Sewer Overflows on the river Seine water quality*. Science of the Total Environment 375, 140-151. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.007.

BLANCHET B, FRADIN A, TARIF P, (2008), *Modèle d'aide à la gestion des effluents du SIAAP (MAGES). Outil d'aide à la gestion dynamique et coordonnée du système d'assainissement de la région parisienne*. TSM. N°12 – 2008 55-68.

Tableau 1 : Qualité future du rejet de Seine aval

	N-NH ₄ mgN/L
Q _{SAV} ≤ 1450000 M ³ /J	1.10
Q _{SAV} ≤ 1900000 M ³ /J	2.30
Q _{SAV} ≤ 2300000 M ³ /J	4.00
Q _{SAV} > 2300000 M ³ /J	6.00

Tableau 2 : Evaluation de l'impact sur l'ammonium (bon état : ≤ 0,5 mg/L NH₄)

NH ₄ ⁺ en Seine		Actuel	Futur
Seine	Sartrouville	0.39	0.25
Rejet Seine aval			
Seine	Conflans	1.94	0.51
Seine+ ise	Poissy	1.44	0.43

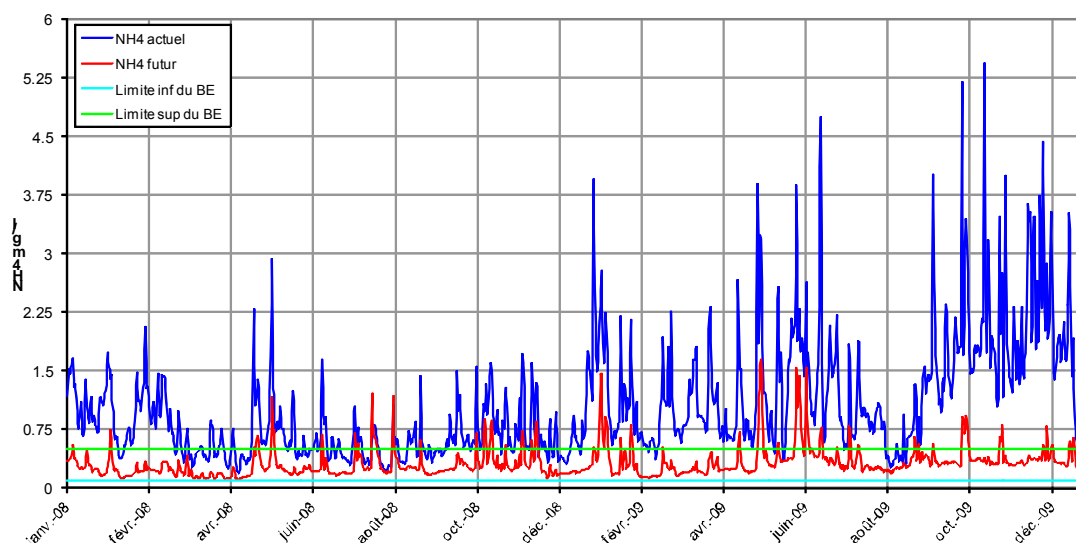


Figure 1 : Simulation de la qualité de la Seine en aval de l'agglomération parisienne : comparaison de la situation actuelle et de la situation future après mise en service du nouveau traitement des eaux à Seine aval.