

## Gestion en temps réel du système d'assainissement de la région parisienne en fonction de la qualité de la Seine

Real-time control of Paris area sanitation system based on Seine river water quality

TABUCHI Jean-Pierre<sup>(1)</sup>, BENARD Lionel<sup>(1)</sup>, BLANCHET Béatrice<sup>(1)</sup>, ESCULIER Fabien<sup>(2)</sup>, MOUCHEL Jean-Marie<sup>(3)</sup>, POULIN Michel<sup>(4)</sup>, SAISON Olivier<sup>(5)</sup>

SIAAP – [jean-pierre.tabuchi@siaap.fr](mailto:jean-pierre.tabuchi@siaap.fr), [lionel.benard@siaap.fr](mailto:lionel.benard@siaap.fr), [beatrice.blanchet@siaap.fr](mailto:beatrice.blanchet@siaap.fr)

(1) DRIEE Ile-de-France – [fabien.esculier@developpement-durable.gouv.fr](mailto:fabien.esculier@developpement-durable.gouv.fr)

(2) Université Pierre et M. Curie – Sisyphé - [jean-marie.mouchel@upmc.fr](mailto:jean-marie.mouchel@upmc.fr)

(3) Ecole des Mines de Paris – [michel.poulin@mines-paristech.fr](mailto:michel.poulin@mines-paristech.fr)

(4) SEPIA Conseils – [os@sepia-conseils.fr](mailto:os@sepia-conseils.fr)

### RÉSUMÉ

Le SIAAP, Syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne, épure les eaux de 8,9 millions d'habitants. Sa mission est d'assurer l'épuration des eaux résiduaires urbaines avec une qualité compatible avec l'atteinte du bon état de la Seine. Pour cela il dispose de 5 usines de dépollution des eaux, d'un réseau de transport maillé et d'ouvrages de stockage. La gestion coordonnée de l'ensemble de ces ouvrages est assurée par un outil de gestion en temps réel des effluents : MAGES qui permet une gestion optimisée de l'alimentation des usines. Par ailleurs le SIAAP utilise un modèle de simulation de la qualité de la Seine – ProSe – développé dans le cadre du programme de recherche PIREN Seine. L'objet du projet présenté dans cet article est de coupler MAGES avec le modèle ProSe pour disposer d'un système de gestion en temps réel des flux de polluants rejetés en Seine tout en respectant les objectifs de qualité de la directive cadre sur l'eau. Ce projet part des constats suivants : pour atteindre l'objectif de bon état découlant de la directive cadre sur l'eau, il n'est pas nécessaire d'obtenir tous les jours de l'année la performance épuratoire maximale que peuvent fournir les usines de dépollution. Il s'agit donc d'arriver à une exploitation optimale des installations du SIAAP pour concilier respect des objectifs sur les milieux aquatiques et maîtrise des consommations énergétiques et de réactifs. Ce projet conduit à aborder les conditions d'exploitation des usines de manière différente tout comme il remet en cause les pratiques traditionnelles de mise en œuvre des arrêtés d'autorisation d'exploiter ces installations.

### ABSTRACT

The SIAAP, Paris regional sanitation authority, is in charge of the waste water treatment of 8.9 million inhabitants. Its mission is to provide the treatment of urban wastewater with a quality in accordance with the Seine's good status. To achieve this, it has 5 waste water treatment plants (WWTP) and a real-time control system – MAGES. This real time control system is devoted to the hydraulic flow management of the various SIAAP's WWTP. Besides, the SIAAP also uses a numeric simulation model of the Seine's quality – ProSe – developed as part of PIREN Seine research program. The matter is, throughout this project, to pair MAGES up with the ProSe model in order to have a real time management system of the discharged loads of pollutants in the Seine in accordance with the good status stated by the Water Framework Directive. This project started from the following observations: to achieve the objective of good status under the Water Framework Directive, it is not necessary to get each day of the year, the highest performance that a waste water treatment plant can provide. It is a question of achieving an optimal use of SIAAP's facilities to reconcile with the aquatic environment's objectives while saving energy and chemical products consumption. This project led to address the WWTP's conditions of operation in different ways as well as challenging the traditional practices of implementing discharge permits.

### KEYWORDS

Ammonia, Combined Sewer Overflow, efficiency, energy consumption, impact on the receiving waters, Real Time Control, Waste Water Treatment, Water Framework Directive

## 1 INTRODUCTION

Le SIAAP, syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne, épure les eaux de 8,9 millions d'habitants. Sa mission principale est d'assurer une qualité d'épuration des eaux résiduaires urbaines compatible avec l'atteinte du bon état de la Seine et de la Marne conformément aux objectifs de la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE) publiée le 22/12/2000 ainsi qu'à la réglementation découlant de la transposition en droit français de la directive eaux résiduaires urbaines de 1991 (DERU).

Le SIAAP a élaboré une stratégie de développement durable centrée sur la préservation de la Seine et de la Marne. Par sa mission, le SIAAP est ainsi un acteur de l'agglomération parisienne dont il doit permettre le développement sans incidence sur la qualité des eaux réceptrices. Cette stratégie de développement durable intègre aussi le fait que le SIAAP doit limiter son empreinte environnementale notamment par une maîtrise de ses consommations énergétiques et de réactifs.

Depuis maintenant 2 décennies, le SIAAP s'est lancé dans un important programme de modernisation de ses équipements épuratoires qui se traduit à la fois par une extension des capacités de traitement et une amélioration des performances. Au terme de ce programme, le SIAAP disposera de 6 stations d'épuration dont les capacités s'étendront entre 300 000 Équivalent-Habitant (EH) et 4,2 millions EH. Outre ce programme de modernisation de ses équipements, le SIAAP a progressivement développé un système de gestion en temps réel des effluents (MAGES) assurant 2 fonctions principales : répartir efficacement les effluents entre les différentes usines de traitement et assurer une gestion optimale des ouvrages de transport, de stockage et de traitement par temps de pluie.

Il s'agit aujourd'hui d'aller plus loin en complétant MAGES par un système dont la finalité est de rejeter quotidiennement des flux polluants compatibles avec les objectifs de qualité en rivière en tenant compte de l'évolution prévisible de la qualité de l'eau de la Seine. Le SIAAP escompte une optimisation de l'exploitation de ses usines notamment en ce qui concerne les consommations énergétiques et de réactifs en s'appuyant sur la capacité d'assimilation de la Seine. De cette manière il sera possible de concilier l'atteinte du bon état avec une empreinte environnementale maîtrisée.

Pour développer ce projet le SIAAP a confié au bureau d'étude SEPIA Conseils avec le soutien scientifique de l'Université Pierre et Marie Curie, une mission d'assistance à maître d'ouvrage dont le but est de définir l'ensemble des spécifications du système de pilotage en temps réel des flux de polluants rejetés en Seine.

## 2 PRÉSENTATION DU SIAAP ET DE SES INFRASTRUCTURES

Le SIAAP assure le transport et l'épuration des eaux usées de 8,9 millions d'habitants répartis sur 280 communes et sur un territoire de 1980 km<sup>2</sup>. Le transport est assuré par un réseau maillé de grande capacité dont la longueur est de 420 km. En amont de ce réseau, la collecte est assurée par les communes, syndicats intercommunaux et les départements constitutifs du SIAAP : Paris (75<sup>1</sup>), Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93) et Val-de-Marne (94). L'ensemble de ce système amont représente une longueur d'au moins 15 000 km de canalisations.

Pour assurer la gestion des effluents par temps de pluie avec 2 objectifs : la maîtrise des inondations et le contrôle des déversements de flux polluants, il existe des capacités de stockage importantes : 900 000 m<sup>3</sup> au SIAAP et environ 1 Mm<sup>3</sup> par ailleurs. Ces ouvrages sont complétés par des systèmes de gestion en temps réel des effluents à la fois dans les départements constitutifs du SIAAP et au SIAAP. La présentation du système de gestion en temps réel du SIAAP (MAGES) est développée plus loin (cf. § 5.1).

Pour assurer l'épuration des eaux résiduaires urbaines, le SIAAP dispose bientôt de 6 usines de dépollution des eaux. Les principales caractéristiques de ces installations sont résumées dans le tableau 1.

---

<sup>1</sup> Numérotation des départements français constitutifs du découpage administratif de la France

Tableau 1 : Principales caractéristiques des usines de dépollution du SIAAP

Usine	Capacité utile EH	Capacité biologique maximale EH	Capacité maximale de temps de pluie (m <sup>3</sup> /j)	Procédés
<i>Seine aval - 2012</i>	4 564 000 EH	7 500 000 EH	2 900 000 m <sup>3</sup> /j	Carbone : culture libre moyenne charge Azote : biofiltration. Nitrification + dénitrification tertiaire Phosphore : traitement tertiaire physico-chimique
<i>Seine aval - 2018</i>	4 182 000 EH	8 218 000 EH	2 900 000 m <sup>3</sup> /j	80 % : Biofiltration 20 % : Culture libre en aération prolongée à faible charge et membranes
<i>Seine amont</i>	2 618 000 EH	4 000 000 EH	1 500 000 m <sup>3</sup> /j	Culture libre en aération prolongée à faible charge. Traitement biologique et physico-chimique du phosphore
<i>Seine centre</i>	982 000 EH	982 000 EH	404 000 m <sup>3</sup> /j	Biofiltration carbone, nitrification, dénitrification tertiaire Phosphore : traitement tertiaire physico-chimique
<i>Seine Grésillons 1</i>	320 000 EH	405 000 EH	155 000 m <sup>3</sup> /j	Biofiltration carbone (préDN), nitrification, dénitrification tertiaire
<i>Seine Grésillons 1 + 2 (2013)</i>	1 149 000 EH	1 322 000 EH	315 000 m <sup>3</sup> /j	Biofiltration carbone (préDN), nitrification, dénitrification tertiaire
<i>Marne aval</i>	500 000 EH	605 000 EH	125 000 m <sup>3</sup> /j	Biofiltration carbone (préDN), nitrification, dénitrification tertiaire
<i>Seine Morée (2013)</i>	300 000 EH	351 000 EH	75 000 m <sup>3</sup> /j	Culture libre en aération prolongée à faible charge et membranes

L'exploitation de ces installations consomme de l'énergie et des réactifs principalement sous forme de chlorure ferrique et de méthanol. La consommation énergétique annuelle globale est de l'ordre de 1000 GWh par an dont 415 GWh d'énergie électrique et 440 GWh de biogaz. L'essentiel du biogaz est consacré au traitement des boues. En 2011, la consommation de méthanol a été de 13 400 t et celle de chlorure ferrique a été de 69 000 t.

### 3 LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA SEINE

Les milieux récepteurs des rejets du système d'assainissement géré par le SIAAP sont la Seine, la Marne et la Morée. Sur la Seine et la Marne, cinq masses d'eau sont directement impactées par les rejets du système d'assainissement géré par le SIAAP. Cependant la Seine reçoit plus de 90% des rejets du SIAAP. C'est donc sur elle que se focalisent les attentions.

Sur le plan hydrologique, il convient de retenir deux éléments qui influencent particulièrement la qualité de l'eau à l'étiage : la pression anthropique exercée par l'agglomération parisienne sur la Seine et ses affluents et le soutien d'étiage apporté par les barrages réservoirs construits en amont sur les bassins de la Seine et de la Marne. Pour illustrer cette pression, on peut rapporter la population de l'Île-de-France et ses 11,3 millions d'habitants au débit d'étiage de la Seine en aval de l'agglomération qui est de 170 m<sup>3</sup>/s. Ainsi quotidiennement chaque mètre cube d'eau de Seine reçoit la pollution de 1200 habitants alors que le Rhône à Lyon reçoit 55 habitants par mètre cube. Une autre illustration de cette pression est donnée par le fait que les usines du SIAAP figurent, à l'étiage, parmi les 2 ou 3 premiers affluents de la Seine. Les barrages réservoirs construits pour réduire l'impact des crues hivernales et surtout pour sécuriser l'alimentation en eau potable de l'agglomération offrent un soutien d'étiage important (70 m<sup>3</sup>/s en moyenne) garantissant ainsi un débit minimal et donc une capacité minimale de dilution des flux de polluants rejetés notamment par les usines du SIAAP.

Le régime hydrologique de la Seine est de type océanique avec une période de crue hivernale et une période d'étiage sur la fin de l'été (figure 1).

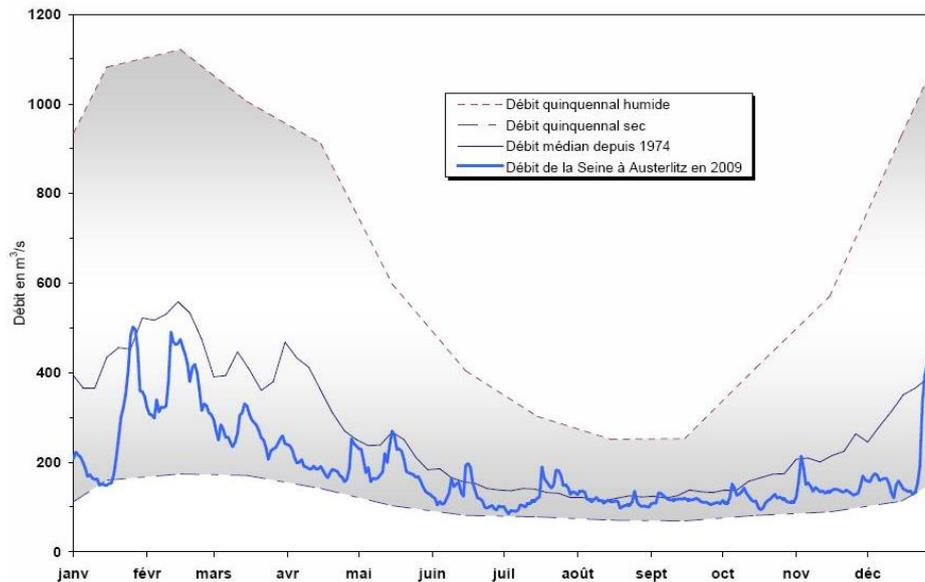


Figure 1 : Caractéristiques hydrologiques de la Seine à Paris (Banque HYDRO)

Malgré la très forte pression anthropique, qui s'est considérablement accrue en un siècle, la politique de l'eau menée depuis la loi sur l'eau de 1964 et les travaux des 30 dernières années ont conduit à une amélioration importante de la qualité de la Seine et de ses affluents en amont de l'agglomération parisienne. Parallèlement les réalisations du SIAAP ont conduit à une réduction très importante des flux de polluants rejetés par ses usines de dépollution conduisant à une qualité de Seine inconnue depuis près de 2 siècles pour des paramètres comme  $\text{NH}_4$  ou  $\text{DBO}_5$ .

Cependant actuellement l'objectif de bon état n'est pas atteint en aval de l'agglomération parisienne en raison d'altérations physico-chimiques de la qualité de la Seine. Les paramètres les plus critiques sont l'ammonium, le phosphore et les nitrites.

Le phosphore semble aujourd'hui sous contrôle du fait de l'arrêt de certaines activités industrielles. La refonte du traitement biologique des eaux à *Seine aval* a pour objectif d'atteindre des performances compatibles avec le respect de la DCE sur le paramètre ammonium. Restera le sujet des nitrites pour lequel il n'y a pas aujourd'hui de réponse satisfaisante car il apparaît que le comportement des nitrites en Seine demeure mal connu et que la connaissance sur la maîtrise de la production de nitrites par les procédés épuratoires par biofiltration reste à améliorer.

## 4 LE PROJET DE PRISE EN COMPTE DE LA QUALITÉ DE LA SEINE DANS LE SYSTÈME DE GESTION EN TEMPS RÉEL DU SIAAP : OBJECTIFS ET ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

### 4.1 Les objectifs

Le projet de prise en compte de la qualité de la Seine dans le système de gestion en temps réel du SIAAP part des constats suivants : pour atteindre l'objectif de bon état, il n'est pas nécessaire d'obtenir tous les jours de l'année la performance épuratoire maximale que peuvent fournir les usines de dépollution. Il s'agit donc d'ajuster la qualité du rejet en fonction des conditions du milieu récepteur dans le but de respecter à la fois les objectifs de qualité du milieu naturel mais aussi les obligations découlant de la directive eaux résiduaires urbaines (DERU). Il s'agit aussi d'optimiser le traitement pour une approche plus globale et efficiente de l'empreinte environnementale de l'assainissement par utilisation optimale des moyens épuratoires avec pour objectif de réaliser des économies sur la consommation d'énergie et de réactifs. Cette approche nouvelle conduit à plusieurs interrogations sur l'organisation de la gestion des usines du SIAAP, sur leurs coûts d'exploitation, sur leurs capacités techniques à moduler les traitements mais aussi sur la manière d'appréhender les arrêtés préfectoraux d'autorisations de rejets.

### 4.2 Un contexte favorable

Aujourd'hui, un certain nombre de conditions favorables à la réalisation de ce projet sont réunies.

- L'amélioration de la qualité de la Seine et de ses affluents ainsi que les prochaines étapes de modernisation de l'usine *Seine aval* offrent de nouvelles perspectives pour la gestion du système d'assainissement. En effet dès lors que la Seine et la Marne sont au bon état sur les paramètres impactés par le système d'assainissement et que l'on dispose d'équipements suffisamment performants pour respecter ces objectifs, il se pose alors la question d'optimiser l'exploitation du système. En effet, le respect des objectifs de qualité de la Seine n'impose pas tous les jours de l'année d'épurer les eaux avec le même niveau de performance.
- La répartition des usines sur la Seine et leurs caractéristiques techniques spécifiques sont un atout. L'usine *Seine-amont* est de type boues activées en aération prolongée et faible charge. Sa situation en amont de l'agglomération est un atout car, du fait de ses très bonnes performances sur la pollution azotée, elle permet de conserver à la Seine son potentiel de dilution des flux de polluants rejetés par les installations situées plus en aval. C'est donc sur celles-ci que devraient jouer les consignes d'adaptation des flux rejetés.  
Les autres usines du SIAAP font appel à des procédés d'épuration biologique par cultures fixées de type biofiltres. Ce procédé épuratoire offre dans le cas présent ce qui peut être considéré comme un avantage : une grande réactivité car les temps de séjour y sont inférieurs à 2 heures. C'est cependant à partir de 2018, lorsque sera achevée la reconstruction du traitement biologique des eaux à *Seine aval*, que l'on disposera des capacités de modulation de la qualité du rejet les plus importantes.
- Avec MAGES, le SIAAP dispose déjà de l'expérience de l'exploitation d'un système de gestion en temps réel des flux.
- Le modèle ProSe développé dans le cadre du programme scientifique PIREN Seine est bien connu du SIAAP qui l'utilise depuis plusieurs années pour ses études d'impacts des travaux et des programmes de chômages d'ouvrages.
- L'alimentation en eau potable de la région parisienne a pour caractéristique principale d'être faite à partir des eaux de surface. La surveillance en continu de la part des différents producteurs d'eau potable puisant l'eau dans la Seine, la Marne et l'Oise peut fournir des données suffisantes pour l'initialisation en temps réel du modèle ProSe.
- Le temps de séjour de la Seine dans la traversée de l'agglomération, qui peut atteindre près d'une semaine en situation d'étiage, constitue aussi un atout.

## 5 LES BASES DU PROJET DE GESTION INTEGRÉE DES FLUX

La réalisation de ce projet s'appuie sur deux outils existants et opérationnels : MAGES d'un côté et ProSe de l'autre. Il s'agit de faire communiquer entre eux ces outils fonctionnant dans des univers informatiques différents et de faire évoluer ProSe vers un modèle de prévision de qualité de la Seine à partir de duquel sera bâtie une consigne pour les flux déversés en Seine compatible avec l'objectif de bon état.

### 5.1 Le système de gestion des flux : MAGES

Le SIAAP dispose d'un outil temps réel d'aide à la gestion des effluents, qui permet d'optimiser l'orientation des flux hydrauliques entre les différentes usines du SIAAP en fonction de diverses contraintes : capacités disponibles sur les usines, chômages, disponibilité des ouvrages de transport et de stockage, et le contexte hydrologique. Le périmètre de cet outil est large puisqu'il prend en compte les ouvrages d'assainissement des conseils généraux de la petite couronne (75, 92, 93 et 94), chacun gestionnaire d'un réseau de transport départemental alimentant le réseau de transport du SIAAP qui achemine les eaux vers ses usines d'épuration par l'intermédiaire de son propre réseau de transport.

Ce système est raccordé aux outils de prévisions météorologiques d'un horizon maximal de 6 heures et dont la précision s'affine au fur à mesure du déroulement de l'événement. Il s'appuie sur un modèle numérique hydraulique alimenté en temps réel par un réseau de mesures, exploité par le SIAAP et ses partenaires, les conseils généraux. Ce modèle numérique est complété par un module d'optimisation qui détermine des scénarios optimisés de gestion des flux.

### 5.2 ProSe

Pour intégrer la qualité de la Seine dans MAGES, il est nécessaire de disposer d'un outil de prévision en temps réel de la qualité de la Seine dont la fonction sera de proposer quotidiennement des

consignes de gestion des usines de dépollution. Ce modèle de prévision de la qualité de la Seine sera basé sur le modèle ProSe développé par le centre de Géosciences de l'École des Mines de Paris dans le cadre du programme scientifique PIREN Seine et que le SIAAP utilise depuis de nombreuses années. Il fait l'objet de mises à jour régulières, notamment dans le cadre des progrès scientifiques obtenus par le programme de recherche PIREN Seine.

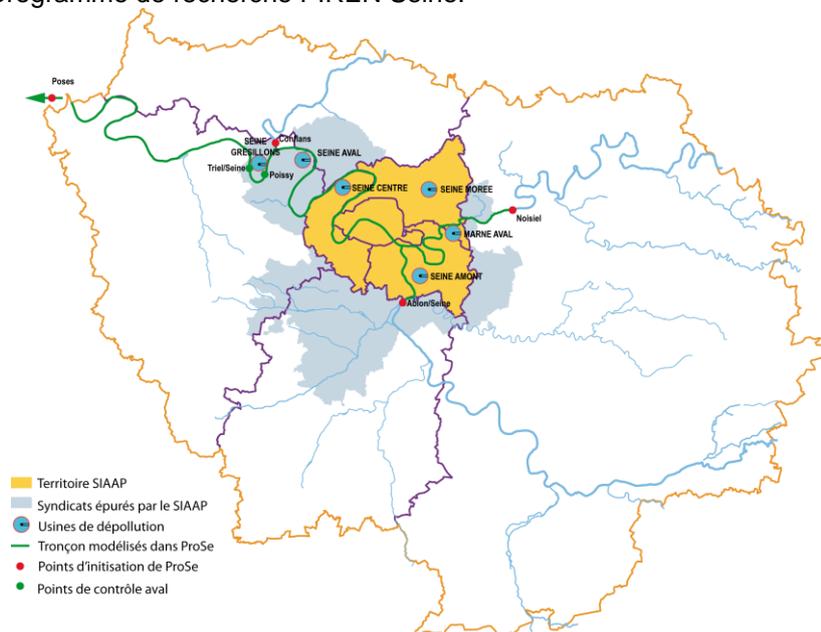


Figure 2 : Localisation des usines du SIAAP, de la zone de collecte et des tronçons modélisés par ProSe

ProSe modélise l'ensemble des processus biogéochimiques conditionnant la qualité de l'eau : photosynthèse, activités des bactéries de l'azote et du carbone, transport solide et particulaire, etc. Il simule ainsi l'impact sur la Seine des rejets de matières organiques, azotées et phosphorées. L'impact en Seine est quantifié pour 17 paramètres mais les plus importants sont l'oxygène dissous, les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les orthophosphates.

Sur le volet hydraulique, le modèle résout les équations hydrauliques de Saint-Venant. ProSe est actuellement utilisé en mode monodimensionnel. Il peut aussi être utilisé en pseudo bidimensionnel permettant la simulation des panaches des rejets.

Dans son utilisation actuelle, le domaine modélisé dans ProSe s'étend sur près de 230 kilomètres (Seine d'Ablon-sur-Seine à Poses, figure 2). Il permet de conduire des simulations en régime transitoire sur des durées allant jusqu'à un an.

Sur le plan informatique, il sera nécessaire de procéder à un certain nombre de transformations pour le faire passer d'un modèle d'étude à un modèle fonctionnant en temps réel.

## 6 LA DÉMARCHE

Pour la mise en œuvre de ce projet, une première étape en 3 phases est conduite : définition des spécifications de l'outil, rédaction du cahier des charges et élaboration d'un schéma directeur d'instrumentation. Sur la base de ce cahier des charges, une seconde étape consistant en une consultation sera lancée et la réalisation de ce système devrait commencer en 2014 pour une mise en service opérationnelle en 2015.

La phase de définition des spécifications a pour objectifs :

- d'inventorier toutes les sources de données disponibles pour alimenter le modèle de prévision de qualité de la Seine. Cela concerne notamment les données de qualité de la Seine et de ses affluents ainsi que les données de débits aux entrées du modèle pour son initialisation.
- d'analyser les capacités techniques effectives de gestion des usines du SIAAP en vue d'évaluer les possibilités de faire varier la qualité des eaux produites en fonction de différentes consignes élaborées à partir du modèle de prévision de la qualité de la Seine ;
- d'analyser la dynamique du comportement des polluants dans le milieu naturel, notamment en vue de définir les fréquences de rafraîchissement des simulations mais aussi de définir les

orientations possibles sur la gestion des flux et établir une hiérarchie entre les différentes usines ;

- d'associer les exploitants des usines dans le suivi de la définition des spécifications notamment sur la nature des consignes à émettre par le système : consignes en concentration, en flux, en rendement ;
- d'associer les services de police de l'eau et de l'Agence de l'eau afin de construire des approches nouvelles dans l'élaboration des arrêtés préfectoraux en lien avec la mise en place d'un tel système ;
- de définir les spécifications informatiques et matérielles en vue d'assurer l'intégration de cette évolution dans le système actuel de gestion en temps réel.

Sur ces bases, les spécifications techniques du futur outil seront rédigées.

La validation globale de la démarche par les autorités de contrôle (police de l'eau de la DRIEE<sup>2</sup> Ile-de-France et Agence de l'Eau Seine-Normandie, sous le contrôle du Ministère en charge de l'Environnement), n'interviendra que lorsque l'analyse complète du projet, en particulier au regard des coûts et bénéfices environnementaux, aura été menée par le SIAAP.

Le schéma directeur d'instrumentation quant à lui a 2 objectifs : le premier est de compléter, sur la base de l'inventaire conduit en phase 1, l'instrumentation pour acquérir les données nécessaires pour le bon fonctionnement du système. Le second consiste à proposer un schéma d'instrumentation pour faire évoluer le système MAGES actuel qui ne gère que des prévisions hydrauliques, vers un système capable de fournir une prévision des flux de polluants arrivant aux usines.

## 7 LES PRINCIPES

ProSe sera utilisé comme base du modèle de prévision de la qualité de la Seine qui sera couplé à MAGES. A partir de ce modèle seront calculés en "temps réel" les flux de polluants qui pourront être déversés en Seine respectant a minima le bon état physico-chimique et ne pas dégrader les masses d'eau déjà en bon état. A partir de ce calcul de flux, il faudra élaborer des consignes de gestion des usines du SIAAP qui devront être pertinentes par rapport aux contraintes d'exploitation.

Dans ce projet, la notion de temps réel est large car le temps de transit de la Seine dans la traversée de l'agglomération est relativement long, surtout en période estivale : de l'ordre de plusieurs jours. Cela confère à l'ensemble une inertie suffisamment importante pour que la notion de temps réel soit basée sur un pas de temps compris entre 6 heures et 24 heures pour ce qui concerne les données relatives au milieu naturel. Pour ce qui concerne les déversements par temps de pluie, un pas de temps plus fin pourra s'avérer pertinent pour ce qui concerne la description hydraulique des déversements.

Pour l'initialisation du modèle, ProSe sera alimenté quotidiennement par les données produites notamment par les producteurs d'eau potable et par le service de prévision de crue pour les débits de la Seine et de ses affluents. Il recevra également les données des principaux déversements du système d'assainissement : usines et déversoirs d'orages. Il devra être configuré pour simuler des probabilités d'atteinte du bon état en fonction de différentes consignes sur les flux déversés et d'hypothèses sur les conditions hydrologiques et météorologiques du futur proche.

### 7.1 Les périmètres du projet

Plusieurs périmètres du projet sont identifiés :

- Un périmètre géographique. Celui-ci concerne l'étendue géographique du secteur modélisé. En l'état actuel des choses, le modèle sur la partie Seine est initialisé peu en amont du rejet de l'usine *Seine amont*, à Ablon-sur-Seine. Déplacer ce point d'initialisation vers l'amont permettrait de gagner au moins une journée sur la prévision notamment des débits qui contrôlent fondamentalement la qualité de la Seine et sa capacité de dilution. La limite aval du domaine de gestion est aussi un sujet étudié. Aujourd'hui le modèle s'arrête très en aval à Pose à 110 km du dernier point de rejet du SIAAP. Établir le point de contrôle des performances d'exploitation du SIAAP à cet endroit n'est pas pertinent, en particulier du fait de

<sup>2</sup> Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie

l'influence d'apports intermédiaires et de modification du milieu, entre l'aval des rejets du SIAAP, et le point de mesure. Il semble donc préférable que celui-ci soit situé en aval immédiat de la dernière usine du SIAAP, soit à Triel-sur-Seine (78). Le point de contrôle de Poses permettra toutefois de vérifier que les rejets du SIAAP n'obèrent pas les possibilités d'atteinte du bon état de la Seine jusqu'à l'estuaire ;

- Des périmètres techniques. Avec bientôt 6 usines, il se pose la question de savoir si toutes les usines doivent entrer dans le périmètre de la gestion des flux. Sur le plan des principes et des spécifications de l'outil, cela paraît pertinent. En revanche sur le plan opérationnel, la réponse est plus nuancée : si on dégrade de manière volontaire la qualité des rejets des usines en amont de la zone d'action du SIAAP, on court le risque de ne pas respecter le bon état en aval. En effet, entre le moment où l'on prend la décision de réduire les performances sur les usines amont et le moment où les effets de cette détérioration voulue se produisent en aval du système, plusieurs jours après, des événements peuvent survenir sur le tronçon intermédiaire. Sans prévision sur ces événements, les usines situées en aval peuvent se trouver exposées à des contraintes d'exploitation irréalistes. Ce risque est principalement lié à l'incapacité de proposer des prévisions fiables de fonctionnement du système d'assainissement à un horizon couvrant le temps de transit de la Seine dans l'agglomération. Il en résulte, pour la robustesse du système, qu'il convient de préserver au maximum la qualité des eaux pour laisser la plus grande marge de manœuvre en aval.

Un autre aspect du périmètre technique concerne la prise en compte des situations de temps de pluie et notamment la gestion des déversoirs d'orage. A ce stade du projet, il n'est pas prévu d'étudier spécifiquement cette question car le SIAAP ne dispose pour le moment que de moyens techniques encore limités pour agir sur les volumes déversés par temps de pluie. En effet les ouvrages structurants pour cette gestion et prévus à son schéma directeur ne sont pas encore construits. De plus, le capital de connaissance sur les interactions entre usines de dépollution et vidange des ouvrages de stockage est insuffisant pour définir un cadre pertinent de gestion des flux de polluants par temps de pluie.

## **7.2 Des objectifs de qualité adaptés et une nouvelle approche des autorisations de rejet**

Compte tenu de l'amélioration de sa qualité, la Seine offre des capacités pour absorber des flux de polluants variables dans le temps. La question de l'oxygénation de la Seine en temps sec n'est plus un problème, aussi les pollutions causées par les autres polluants : l'ammonium et le phosphore sont principalement pilotés par les débits de la Seine et de ses affluents.

Comme cela a été indiqué il s'agit d'utiliser cette capacité d'assimilation dans des conditions cadrées par les objectifs du SDAGE et en accord avec les autorités administratives : service de police de l'eau et Agence de l'eau.

Pour une approche cohérente sur l'ensemble de la partie aval du bassin de la Seine, les rejets du SIAAP doivent respecter au moins 2 conditions :

- ne pas compromettre l'atteinte du bon état pour les masses d'eau situées en aval ;
- respecter l'alinéa i) du § 1 de l'article 4 de la DCE qui indique que pour les paramètres où le bon état est déjà observé, il ne doit pas y avoir de dégradation de la situation actuelle. C'est le cas aujourd'hui pour l'oxygène dissous et le carbone organique dissous.

Cela a pour conséquence qu'il faut définir des objectifs de qualité adaptés pour assurer le respect de ces conditions. Ainsi, il a été évalué que les flux d'azote ammoniacal et de phosphore actuellement rejetés par l'agglomération parisienne représentent 90 % des flux rejetés en Seine par les collectivités et les industriels entre Paris et l'estuaire. Une hypothèse d'objectif de qualité à respecter par le SIAAP en aval immédiat de ses rejets serait ainsi pour l'ammonium, au maximum de 0,45 mgNH<sub>4</sub>/L pour un seuil de bon état de 0,5 mg/L. La même démarche est à conduire sur les autres paramètres.

Concernant la définition des arrêtés de rejet et du contrôle de l'efficacité de l'exploitation du SIAAP, c'est une nouvelle approche qui se dessine. Usuellement les arrêtés de rejets sont définis sur la base des objectifs de qualité du milieu récepteur. Dans le cas présent, cela conduit à prendre des dispositions contraignantes sur la qualité du rejet. Dans la mesure où le système mis en œuvre a pour objectif d'assurer quotidiennement le flux compatible avec l'atteinte du bon état, cette approche n'a plus lieu d'être. Pour que l'on puisse tirer pleinement parti du potentiel de gestion, il faut au contraire avoir l'amplitude la plus importante possible sur la qualité du rejet. C'est alors la DERU et sa

transcription en droit français qui définissent les performances minimales à atteindre. A charge pour le SIAAP de faire mieux pour respecter les objectifs de qualité selon les consignes données par le système.

Il se pose aussi la question du contrôle de performances. Si on part du principe que l'outil est validé par les autorités administratives, les consignes proposées par le système le sont également. Le premier moyen de contrôle est donc de vérifier que le SIAAP a exploité correctement ses installations. Cela revient à fournir aux autorités un accès permanent aux consignes fournies par le modèle et aux données d'autosurveillance. Un contrôle a posteriori in situ dans le milieu naturel est également possible avec la surveillance de la qualité de la Seine et de la Marne réalisé par le SIAAP. Celui-ci procède à un suivi hebdomadaire de la qualité physico-chimique du milieu. Cela permettra de vérifier que l'impact est conforme aux objectifs. Pour cela un accès direct aux données collectées devra être également mis à disposition. Cette approche modifie donc les modalités du contrôle exercé par les autorités administratives.

Un dernier sujet concerne les stations d'observation de la qualité qui serviront de référence pour le suivi des impacts. Les stations de contrôle de la qualité du milieu doivent être le moins éloignées possible de l'aval des derniers rejets du SIAAP.

### 7.3 L'évaluation des gains potentiels.

A partir de simulations effectuées avec ProSe, il est possible d'illustrer les gains potentiels que devrait permettre ce nouvel outil. A partir de la qualité de la Seine en amont du rejet de l'usine *Seine aval*, il est possible de calculer le flux admissible en Seine pour atteindre l'objectif de bonne qualité en aval du rejet et d'en déduire la concentration théorique du rejet pour respecter cet objectif (courbe rouge figure 4). C'est ce qu'illustrent les figures 3 et 4. Elles comparent le rejet théorique produit par la future unité de traitement biologique des eaux (courbe bleue) à la courbe objectif pour respecter le bon état (courbe verte). L'année 2008 (figure 3) est une année plutôt humide alors que 2009 (figure 4) est une année assez sèche avec un étiage qui se prolonge tardivement dans l'automne. Il apparaît ainsi que des possibilités d'optimisation du fonctionnement de l'usine représentent des potentialités importantes de gestion de l'usine tout comme en d'autres circonstances où l'usine pourra être amenée à produire ses performances maximales pendant une durée prolongée.

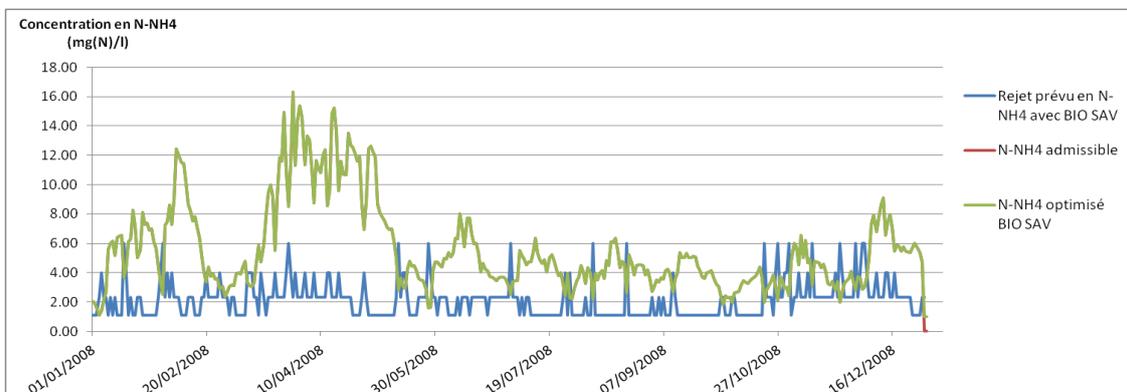


Figure 3 : Illustration de l'apport de l'optimisation de l'exploitation en 2008

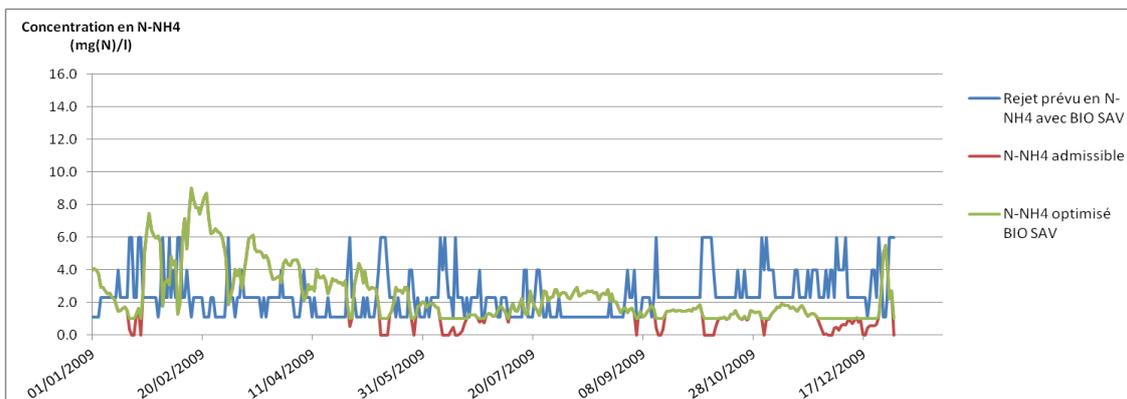


Figure 4 : Illustration de l'apport de l'optimisation de l'exploitation en 2009

Ces simulations donnent l'amplitude possible de la qualité du rejet de *Seine aval* afin de respecter le bon état en aval de l'usine *Seine aval*. Cette amplitude varie entre 0 mg/L et 16 mg/L de N-NH<sub>4</sub>. Cette fourchette théorique devra être affinée pour préciser d'un côté la concentration maximum possible pour permettre le respect d'un rendement annuel de 70 % d'élimination de l'azote global (NGL) et de l'autre côté la concentration minimale techniquement atteignable. Ce dernier point devra faire l'objet d'un consensus avec les autorités.

Sur la base de ces simulations, sur un profil couvrant les années 2008 à 2011 et dans la limite des performances garanties par le constructeur, il apparaît les gains théoriques suivants : les périodes où un traitement plus poussé serait nécessaire à l'usine *Seine aval* représentent 19 % du temps pour une concentration au rejet améliorée d'au moins 1 mg/L et 10 % du temps pour un traitement amélioré d'au moins 2 mg/L en considérant une concentration plancher de 1mg/L. Cela concerne principalement les événements pluvieux. A l'inverse, le pourcentage de temps où le traitement peut être moins performant d'au moins 1 mg/L que celui garanti par le constructeur représente 57 % du temps et 40 % du temps pour un rejet moins performant d'au moins 2 mg/L. Ces estimations sont optimistes car elles ne tiennent pas compte du fait qu'il faudra des modalités particulières d'exploitation notamment pour maintenir la biomasse en bon état. Selon les experts du SIAAP les périodes d'aération réduite ne doivent pas excéder 48 à 72 heures et qu'une phase de 24 heures de forte aération est alors nécessaire pour maintenir la biomasse pour qu'elle soit prête à faire face à une sollicitation renforcée.

La maîtrise de la qualité du rejet pourra être obtenue principalement par 2 voies différentes. Dans le cas de l'ammonium, on peut réduire l'aération ou réaliser un by-pass maîtrisé interne à l'usine. Les effets de ces 2 manières de faire sont différents. Dans le premier cas, fondamentalement on agit sur le paramètre concerné avec un effet limité sur la pollution organique et phosphorée alors que dans le second cas on détériore la qualité du rejet sur l'ensemble des paramètres à proportion du by-pass interne. Dans un cas comme dans l'autre, cela se traduira par une moindre consommation d'oxygène et donc des dépenses d'aération diminuées d'autant.

La même démarche est possible sur le phosphore. Cependant les marges de manœuvre sont plus limitées car la plupart des usines du SIAAP disposent d'une décantation primaire de type physico-chimique. La bonne performance de ces installations conduit dans la grande majorité des cas à un abattement du phosphore très important et à des concentrations rejetées bien inférieures à celles que peut accepter le milieu.

Une analyse coûts-bénéfices devra permettre d'évaluer les gains potentiels en termes d'énergie et de réactifs mais aussi en termes de bilan de carbone. L'importance de ces gains environnementaux est une condition sine qua non à la mise en place d'un tel système, au regard des dégradations de qualité du milieu récepteur induites par rapport à une exploitation traditionnelle. Cette démarche pose en définitive la question de la conciliation d'enjeux environnementaux antagonistes sur laquelle le positionnement des autorités administratives environnementales sera un paramètre clé.

## 8 CONCLUSIONS

Bien qu'encore à l'état projet, le développement de ce système de gestion des flux déversés en fonction du respect du bon état découlant de l'application de la DCE est un projet innovant et ambitieux. Il ouvre des perspectives nouvelles sur plusieurs domaines :

- Grâce à ce système, le SIAAP espère, par une exploitation optimisée de ses installations, respecter ses obligations vis-à-vis de l'atteinte du bon état des masses d'eau tout en réduisant l'empreinte environnementale par des économies d'énergie et de réactifs ;
- Ce sera une nouvelle manière de gérer une station d'épuration car il faudra adapter l'exploitation pour atteindre des performances variables dans le temps ;
- Ce sera également une nouvelle approche des autorisations administratives d'exploiter les usines d'épuration et du contrôle des performances par les services de l'État.

Grâce à ce projet, le SIAAP s'inscrit dans la politique de développement durable de l'agglomération parisienne.