



Thèse
présentée pour l'obtention du grade de Docteur de
L'Université de Technologie de Compiègne, Sorbonne Université
Par
Jialu ZHU

**Modélisation détaillée du fonctionnement de la future filière complète
de biofiltration de la station de traitement des eaux usées Seine Aval**

Spécialité : Génie des procédés

Thèse dirigée par : André PAUSS et Peter VANROLLEGHEM

Devant la commission d'examen formée de :

Denis DOCHAIN, Professeur, Université Catholique de Louvain (Rapporteur)

Mathieu SPERANDIO, Professeur, INSA de Toulouse (Rapporteur)

Christophe PROUST, Professeur, Université de Technologie de Compiègne (Examinateur)

Sophie LARUELLE, Maître de conférences, Université Paris-Est Créteil (Examinatrice)

André PAUSS, Professeur, Université de Technologie de Compiègne (Directeur de thèse)

Peter VANROLLEGHEM, Professeur, Université Laval (Directeur de Thèse)

Vincent ROCHER, Directeur de la Direction Innovation du SIAAP (Membre invité)

Date de soutenance : le 9 Décembre 2020

Résumé

En 2013, le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) a lancé un programme pour moderniser la station Seine Aval (SAV), la plus grande station d'épuration d'Europe. Ce programme de modernisation, qui est prévu d'être finalisé en 2022, vise à adapter la station à l'urbanisation de la région parisienne et aux exigences réglementaires. Après la modernisation, le traitement des eaux usées de la station sera réalisé par deux filières en parallèle : la filière biofiltration et la filière bioréacteurs à membrane (BRM). La configuration du traitement après la modernisation de la station sera complexe, et fournit plusieurs leviers et choix d'exploitation locaux et globaux pour réaliser les traitements des eaux usées. Pour évaluer les impacts économiques et environnementaux des choix d'exploitation et identifier les meilleurs choix en fonction des besoins de traitement, les outils de support, comme, par exemple, les modèles simulant le fonctionnement des procédés de traitement sont demandés.

Cette thèse présente le travail de modélisation du fonctionnement de la filière biofiltration de la station Seine Aval après sa modernisation en 2022. La filière modélisée est composée d'un procédé de décantation primaire, de trois étages de biofiltration et d'un procédé de clarification tertiaire. Considérant l'état d'avancement des travaux de refonte, une stratégie de modélisation de la filière biofiltration est d'abord proposée. Cette stratégie définit l'ordre de modélisation des procédés individuels de la filière et les règles de commandes à intégrer dans le modèle filière. Ensuite, les modèles SimBio et SimDec, qui simulent respectivement le fonctionnement de la biofiltration et de la décantation lamellaire physico-chimique sont modifiés et améliorés afin de construire les modèles de procédés individuels pour chaque étape de traitement de la filière biofiltration. Ces modèles de procédés individuels sont calibrés et validés avec les données issues des stations du SIAAP. Après la calibration-validation, les modèles sont assemblés afin de construire le modèle de la filière biofiltration. Les règles de commandes et les évaluations des coûts et des impacts environnementaux de traitement sont intégrées dans le modèle filière. Enfin, pour évaluer le potentiel d'application du modèle filière comme un outil d'optimisation, des scénarios d'exploitation sont testés et analysés.

Selon les résultats obtenus, la performance de chaque étape de traitement modélisée peut être bien prédite par les modèles de procédés individuels. Le modèle de la filière biofiltration construit est capable d'indiquer les avantages et les inconvénients des scénarios d'exploitation et d'aider à identifier le choix d'exploitation optimum. Il a donc le potentiel d'être utilisé comme un outil pour aider à optimiser la filière de biofiltration de la station Seine Aval.

Abstract

In 2013, SIAAP (the interdepartmental association for sewage disposal for the Paris conurbation) launched a program to upgrade the Seine Aval (SAV) plant, the largest wastewater treatment plant in Europe. This upgrade program, which is scheduled to be finalized in 2022, aims to adapt the plant to the urbanization of the Paris region and to regulatory requirements. After the upgrade, the wastewater treatment will be realized by two parallel treatment lines: (i) the biofiltration line and (ii) the membrane bioreactor line (MBR). The configuration of the treatment after the upgrade of the station will be complex, which provides several local and global operation choices to realize the wastewater treatment. To evaluate the economic and environmental impacts of these operation choices and identify the best choices based on treatment needs, support tools such as models simulating the performance of treatment processes are required.

This thesis presents the modelling work for the biofiltration line of the Seine Aval plant after its upgrade in 2022. The modelled line is composed of a primary settling process, three stages of biofiltration and a tertiary clarification process. Considering the progress of the upgrade program, a modelling strategy for the biofiltration line is first proposed. This strategy defines the order of modelling for the treatment steps of the biofiltration line and the control rules to be integrated in the biofiltration line model. Then, the SimBio model and SimDec model, which respectively simulate the treatment performance of biofiltration and physico-chemical settling process, are modified and improved in order to build process models for each treatment step of the biofiltration line. The process models are calibrated and validated with data from the plants of SIAAP. After calibration and validation, the models are connected in order to build the model for the biofiltration line. Control rules and evaluations of treatment costs and environmental impacts are integrated in the biofiltration line model. Finally, to evaluate the potential for using the biofiltration line model as a tool for treatment optimization, several operation scenarios are tested and analysed.

According to the results obtained, in general, the performance of each treatment step modelled can be well predicted by the process models. The built biofiltration line model is able to indicate the advantages and disadvantages of the operation scenarios and help to identify the optimum operation choice. It therefore has the potential to be used as a tool to help optimize the biofiltration line of the Seine Aval plant.