

## SUJET DE STAGE 2020

### **Étude sur l'optimisation de l'aération lors de l'épuration des eaux usées par procédé de biofiltration**

#### **Présentation du LIAS - Université de Poitiers**

Le Laboratoire d'Informatique et d'Automatique pour les Systèmes (LIAS) représente 40 enseignants-chercheurs dans les disciplines de l'Automatique, du Génie électrique et de l'Informatique. Bien qu'ancré dans la communauté des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour les aspects fondamentaux, le LIAS, par ses applications, est naturellement ouvert au secteur des Sciences Pour l'Ingénieur. Que ce soit sur les nouveaux modes de propulsion, sur la gestion d'énergie, sur le traitement des eaux, sur la modélisation informatique des systèmes complexes ou sur l'optimisation des systèmes temps réel, les complémentarités disciplinaires de l'Automatique, du Génie Electrique et de l'Informatique apportent une plus-value au traitement de ces applications qui relèvent toutes de l'ingénierie.

Le ou la stagiaire intégrera l'équipe Automatique et Systèmes du LIAS, équipe qui travaille sur deux thèmes majeurs de l'automatique, à savoir l'identification et la commande des systèmes.

#### **Présentation du SIAAP et de sa Direction de l'Innovation et de l'Environnement**

Le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) est une entreprise publique qui transporte et dépollue chaque jour les eaux usées, les eaux pluviales et les eaux industrielles de l'agglomération parisienne. Créé en 1970, il est le seul syndicat interdépartemental d'assainissement des eaux en Europe et la première entreprise publique à l'échelle de la métropole européenne ayant la densité de population la plus élevée. Aujourd'hui, le SIAAP possède et opère 6 stations d'épuration, dont celle de Seine Aval qui est l'une des plus grosses d'Europe (1 700 000 m<sup>3</sup>/j), qui réalisent un traitement complet du carbone, de l'azote et du phosphore par procédés et technologies divers (biofiltration, décantation lamellaire physico-chimique, bioréacteurs à membranes...). Il possède et exploite également un réseau d'assainissement long de 440 km. Enfin, il réalise un suivi de la qualité de la Seine et de la Marne sur son territoire d'opération sur plusieurs paramètres physico-chimiques et biologiques. Le SIAAP c'est 1700 agents de la fonction publique territoriale qui traite chaque jour 2,5 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées couvrant un territoire de 1800 km<sup>2</sup> et 9 millions d'usagers franciliens, constituant ainsi le plus grand syndicat d'Europe.

La Direction de l'Innovation et de l'Environnement est une direction d'expertise scientifique et technique. Elle assure en régie la production d'analyses laboratoire sur la qualité de l'eau et des boues d'épuration accréditées pour le SIAAP. Elle réalise également différentes études de recherche et développement appliqué afin de répondre aux différentes interrogations et d'amener des solutions aux problèmes d'exploitation des stations et du réseau du SIAAP. Elle participe enfin au rayonnement scientifique et technique de l'entreprise par la diffusion de ses travaux de recherche et d'études et par la transmission des connaissances acquises vers les agents du SIAAP. Ces deux dernières missions sont en grande partie réalisées par le Service Expertise et Prospective de la Direction de l'Innovation et de l'Environnement.

### **Contexte général du stage**

Le contexte réglementaire du domaine du traitement des eaux résiduaires urbaines a largement évolué ces deux dernières décennies. L'application de différentes directives, dont la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000) et plus récemment la Directive fille NQE (2008), ont mené à un accroissement important des exigences sur la qualité des eaux rendues aux rivières réceptrices. En particulier, la Directive Cadre sur l'Eau impose un retour des rivières à un bon état écologique, ce bon état étant décrit par une liste de seuils de concentrations en différentes pollutions dans l'eau. Elle requiert donc indirectement que les rejets issus des stations d'épuration soient quasiment en tout temps suffisamment bien épurés pour arriver à respecter ces seuils lorsque mélangés à l'eau de la rivière, et ce peu importe la qualité de celle-ci en amont des points de rejet. L'atteinte des objectifs réglementaires fixés suppose donc que les usines de traitement des eaux résiduaires urbaines soient capables de maintenir en toutes circonstances des résiduels très faibles en carbone (DBO, MES), azote ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) et phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ , Pt) et cela quelles que soient les conditions de fonctionnement des installations.

Pour arriver à atteindre ces objectifs réglementaires, le SIAAP a investi dans l'intégration de procédés d'épuration intensifs et performants sur ses stations d'épuration, et il travaille également sur les outils d'aide à l'optimisation de ses procédés. À ce titre, la majorité des eaux traitées sur la station de Seine Aval (l'une des plus grosses d'Europe) s'effectue par biofiltration. La biofiltration consiste à faire passer les eaux usées à traiter de manière verticale dans un réacteur où est placé une quantité importante de billes de petite taille (3-5 mm de diamètre). Le passage de l'eau dans ce lit de support permet la filtration des particules en suspension et la croissance des bactéries responsables de l'épuration sur le support. Ceci permet de réduire fortement le temps de traitement requis par rapport à des procédés plus classiques. Ces bactéries ont toutefois pour la plupart besoin d'oxygène pour

réaliser l'épuration souhaitée, et leur organisation sous forme de biofilm sur le support leur limite l'accès à celle contenue dans l'eau usée. Il est donc nécessaire d'aérer fortement l'eau à l'entrée du procédé, afin de s'assurer d'avoir des quantités d'oxygène dissous dans l'eau suffisantes pour mener à bien le traitement. Cette aération est l'un des postes principaux de consommation électrique sur la station, et il est donc logique de souhaiter l'optimiser le plus possible, en évitant de mettre trop ou trop peu d'air en fonction des objectifs de traitement et des charges de pollution en entrée du procédé.

L'un des outils d'aide à l'optimisation sur lequel a travaillé le SIAAP, entre autres pour le procédé de biofiltration, est la modélisation mathématique. Celle-ci consiste à représenter de manière simplifiée les phénomènes principaux se produisant dans le procédé modélisé, par une série d'équations mathématiques. Ce jeu d'équations permet de quantifier l'ampleur de chacun des phénomènes impliqués durant le traitement des eaux en fonction des différentes conditions d'opération auxquelles est soumis le procédé étudié (débits et concentration de polluants en entrée, volumes d'air injectés, etc.) et donc d'estimer la qualité de l'eau en sortie du procédé. Le fait de posséder un modèle représentatif du comportement des procédés étudiés permet d'en simuler le fonctionnement. Cet outil facilite donc la réalisation de tests d'optimisation sur les différents leviers d'opération disponibles (air injecté, débits recirculés...), puisque les tests sont faits sur ordinateurs, à peu de frais et relativement rapidement. Un tel modèle peut également servir d'outil d'aide à la décision pour les exploitants de station.

### **Objectifs attendus**

Au sein de l'équipe Automatique et Systèmes du LIAS et en collaboration avec l'unité Modélisation Opérationnelle du SIAAP, le ou la stagiaire aura pour mission de participer à la construction d'outils de contrôle et de régulation de l'aération des biofiltres en traitement tertiaire de l'azote ammoniacal. La nitrification étant une réaction biologique fortement consommatrice en oxygène, l'aération sur ce procédé représente un poids important sur les coûts d'exploitation. Le ou la stagiaire devra donc dans un premier temps effectuer une revue de littérature sur les pratiques courantes dans le domaine du contrôle sur ce type de procédé. Par la suite, il devra analyser et comprendre les pratiques actuelles sur le procédé de nitrification par biofiltration sur la station Seine-Aval pour répondre à la problématique particulière de l'aération en nitrification tertiaire. À partir du recensement effectué dans la littérature technique et scientifique sur le sujet, des propositions d'amélioration du contrôle actuel seront ensuite élaborées. Enfin, ces stratégies alternatives seront évaluées sur un modèle mathématique de biofiltration développé en interne sur la plus grosse unité de

nitrification d'Europe. Une comparaison des performances simulées de chaque stratégie sera effectuée pour évaluer les meilleures propositions à retenir.

### **Profil recherché**

Le ou la stagiaire doit disposer des qualités suivantes :

- Grande rigueur dans les méthodes de travail.
- Sens de responsabilité.
- Très bonne capacité rédactionnelle.
- Bonnes connaissances en traitement des données
- Travail en équipe.

### **Eléments pratiques**

---

➤ **Pilotes du projet :**

Jean Bernier / Responsable de l'unité développement et application des outils experts (Service expertise et Prospective).

Driss Mehdi / LIAS, Université de Poitiers

➤ **Candidatures par mail :** [driss.mehdi@univ-poitiers.fr](mailto:driss.mehdi@univ-poitiers.fr) et [jean.bernier@siaap.fr](mailto:jean.bernier@siaap.fr)

➤ **Lieu :** LIAS, Poitiers

➤ **Rémunération :** Environ 530€ par mois.