

Analyse d'images automatisée pour la caractérisation de la dispersion au sein de Zones de Rejet Végétalisées utilisées en traitement tertiaire

Sujet de stage

Encadrement

Julien LAURENT / julien.laurent@engees.unistra.fr / +33 (0)3 68 85 29 72

Maître de Conférences à l'ENGEES – Laboratoire Icube

Vincent MAZET / vincent.mazet@unistra.fr / +33 (0)3 68 85 44 91

Maître de Conférences à Télécom Physique Strasbourg – Laboratoire Icube

Maximilien NUEL / mnuel@engees.eu / +33 (0)3 68 85 29 10

Doctorant – Laboratoire Icube/ENGEES

Résumé

Dans le cadre des travaux menés au laboratoire concernant l'hydrodynamique de zones de rejet végétalisées (ZRV) utilisées en traitement tertiaire des eaux usées, des protocoles de traçages expérimentaux avec des traceurs fluorescents sont utilisés. La mesure de concentration de ces derniers en sortie des ZRV suite à une injection effectuée en entrée (approche « boîte noire ») amène des informations sur les temps de séjour et les régimes de dispersion des polluants au sein de ces ouvrages. Afin de calibrer les modèles numériques de mécanique des fluides en cours de développement au laboratoire, les méthodes de segmentation d'images prises sur site sont susceptibles d'apporter des informations complémentaires, les traceurs étant visibles à l'œil nu. L'objectif de ce stage est de segmenter le traceur fluorescent sur les images afin de réaliser une cartographie spatio-temporelle de la dispersion des traceurs utilisés pour ensuite comparer les résultats expérimentaux et simulés à l'aide d'outils de la mécanique des fluides numérique.

Contexte

Les Zones de Rejet Végétalisées (ZRV) sont des ouvrages extensifs de traitement tertiaire des eaux usées dont un des objectifs est l'abattement complémentaire des polluants. Dans la mesure où les mécanismes de dégradation, d'adsorption et d'absorption au sein de ces zones sont régis par des cinétiques réactionnelles, le devenir des polluants sera dépendant du temps de séjour au sein des ouvrages. Ainsi, le temps de séjour hydraulique est corrélé avec les abattements obtenus. Les ZRV constituent des systèmes complexes où le transport de contaminants et donc la Distribution des Temps de Séjour (DTS) seront régis par de nombreux paramètres : forme et taille de l'ouvrage, couvert végétal, vent, phénomènes thermiques, infiltrations, etc.

Le groupe « Traitement des eaux & Rhéologie » de l'équipe MecaFlu (Laboratoire Icube) a développé un savoir faire concernant la conduite d'expériences de traçages utilisant des traceurs fluorescents (Laurent et al., 2014, 2013, 2012) au sein des zones humides artificielles utilisées en traitement des eaux pluviales et des eaux usées. Ces traçages permettent notamment la dérivation de modèles

hydrodynamiques systémiques selon les théories du génie de la réaction chimique. Cette approche, dite de la DTS, est qualifiée de « boîte noire » dans le sens où l'interprétation est réalisée uniquement sur la base des concentrations de traceurs mesurées en entrée et sortie des systèmes étudiés par l'intermédiaire d'un fluorimètre de terrain. Elle s'avère souvent insuffisante et complexe à valider dans le cas d'écoulements complexes avec ces seules données. C'est pourquoi l'équipe est en train de développer des modèles mécanistes CFD (Computational Fluid Dynamics) pour décrire l'hydrodynamique des ZRV. Ces modèles requièrent cependant des données expérimentales précises pour être validées.

Le présent projet propose ainsi une approche complémentaire à celle de la DTS mais se basant également sur les expériences de traçages. Le protocole proposé a ainsi pour objectif de produire une cartographie spatio-temporelle de la dispersion des traceurs. En effet, il s'avère que les traceurs fluorescents utilisés sont visibles à l'œil nu (Voir figure ci-dessous). Le protocole développé inclut ainsi :

- La prise de photographies aériennes (à l'aide d'un drone disponible dans l'équipe ou d'un appareil photo sur trépied) à intervalle de temps réguliers (ou non) durant les traçages ;
- Le traitement des images pour déterminer les zones de présence/absence de traceurs en fonction du temps : la difficulté sera de composer avec le couvert végétal parfois important des systèmes étudiés, les variations de luminosité, etc.
- L'utilisation des données ainsi obtenues pour la validation de modèles 2D CFD en complément des données de DTS.



Figure – Dispersion de traceurs fluorescents au sein d'une ZRV

Déroulement du stage

1. Travail bibliographique : il s'agit d'effectuer un état de l'art sur les modèles de dispersion hydrodynamique dérivant des expériences de traçages, la modélisation des zones humides artificielles à surface libre et l'utilisation de la segmentation d'image ;
2. Mise au point du protocole de photographie des expériences de traçage : conception d'un mat pour prise de photos à une hauteur suffisante et/ou utilisation du drone ;

3. Manipulations de terrain : des essais de traçages seront réalisés sur sites réels présents en Alsace (68) ;
4. Développement du logiciel de traitement d'image :
 - a. Mettre un place un programme d'analyse d'image permettant de suivre un traceur dans un ouvrage de type mare sur une durée variable (d'une durée allant de l'heure à plusieurs jours),
 - b. Projeter des photographies aériennes de l'évolution du traceur dans un ouvrage, prises d'un appareil photo, sur le modèle numérique de ce dernier,
 - c. Exporter les mouvements du fluide observés, via les photographies, sur le modèle numérique.
5. Modélisation des ouvrages étudiés par les outils de Mécanique des Fluides Numérique (CFD, logiciel OpenFOAM) et comparaison/calage avec les données expérimentales

Profil recherché

- Stage de M2 ou cursus ingénieur 3ème année
- Compétences dans la programmation (C++ et/ou Python et/ou Matlab pour la partie segmentation)
- Compétences en mécanique des fluides/ modélisation

Conditions du stage

- Durée du stage : 6 mois
- Période du stage : début du stage au premier semestre 2015
- Gratification : 523,26 euros mensuels
- Mise à disposition d'un bureau avec PC
- Lieu du stage : Icube - Département de mécanique – 2 rue Boussingault – 67000 Strasbourg
- 3 ou 4 déplacements dans le Haut-Rhin avec prise en charge des frais de restauration, d'hébergement et de transport (véhicule administratif)