

Commande d'un système de bioréacteurs interconnectés pour la réutilisation des eaux usées en agriculture

Nom et prénom du(de la) doctorant(te) : Gildas DADJO

Contact : dmahugongildas@gmail.com

Période du doctorat : (01/10/2022– 30/09/2025)

Laboratoire(s) de rattachement : EPI VALSE (INRIA Lille) et UMR MISTEA (Montpellier)

Direction de thèse / co-encadrement : Alain Rapaport (MISTEA, Montpellier), Jérôme Harmand (LBE, Narbonne), Rosane Ushirobira et Denis Efimov (EPI VALSE, Lille)

Partenariat/projet dans le cadre duquel s'inscrit la thèse : Thèse INRIA-INRAE

Financement : INRIA-INRAE

Résumé : Ce sujet s'inscrit dans la suite des travaux menés dans le cadre de la thèse de Farouk Aichouche. L'objectif scientifique principal est de mettre au point des lois de commande pour un dispositif original de trois bioréacteurs interconnectés capable de moduler la qualité de l'eau délivrée pour des besoins agronomiques qui présente les caractéristiques suivantes :

- dynamiques non-linéaires,
- mélange de variables de commande "tout ou rien" (vannes) et continues (débits),
- objectif de suivi de trajectoire des demandes des cultures en composition de l'eau selon le stade de croissance et les variations climatiques (non connues à l'avance),
- nombre limité de capteurs dont le choix des placements pourra être optimisé.

Il s'agit donc essentiellement d'un problème de suivi 'adaptatif' de trajectoires. Les trajectoires visées sont générées par un autre modèle simplifié de croissance de plantes, qui a été développé conjointement par les équipes MISTEA et LBE, notamment dans le cadre du projet européen Control4Reuse (postdoc d'A. Haddon), qui sont mises à jour au cours du temps en fonction des événements climatiques (pluies, sécheresses) et de mesures en ligne (taux d'humidité du sol, concentration en azote, masse foliaire...). Le caractère anticipatif à seulement court terme de la demande (quelques jours à une semaine) exige donc un suivi adaptatif puisque les trajectoires idéales ne sont pas parfaitement connues à l'avance sur toute la saison agronomique et soumises à incertitudes météorologiques.

D'autre part, les différentes incertitudes sur les paramètres à la fois pour le modèle de traitement et le modèle de culture (notamment pour la partie "sol") et les imprécisions des capteurs agronomiques (humidité, azote dans le sol...) pourront conduire à considérer des estimateurs d'états (observateurs) 'par intervalles garantis' plutôt que des observateurs univalués classiques, qui nous apparaissent a priori bien adaptés compte tenu de l'absence d'hypothèses statistiques. L'originalité de la problématique est également en lien avec le risque environnemental de l'irrigation des cultures avec des concentrations en nutriments plus que nécessaires (notamment en azote), dont l'excès non consommé par les plantes risque de contaminer sol et nappes phréatiques. Il s'agit alors de considérer un critère de performance des lois de commande qui assure au mieux un suivi de trajectoire idéale, mais en pénalisant les apports trop riches. Une approche de viabilité (calcul de noyau de viabilité) pourra être envisagée pour contenir le risque. Cette problématique pourra faire appel à des développements méthodologiques génériques originaux (commande de systèmes hybrides,

suivi adaptatif, critère non symétrique d'écart au suivi de trajectoires). Les lois de commande développées pourront être testées et validées sur une plate-forme logicielle développée dans la thèse de F. Aicouche (thèse au LBE, en 2021), puis testées expérimentalement par l'équipe du LBE.

Axe(s)/Domaine(s) d'applications(s) du réseau/TRL : Axe Filières / Domaine REUSE rurale et urbaine.