



Sujet de thèse à Télécom Paris (Institut Polytechnique de Paris) en collaboration avec AgroParisTech (Université Paris-Saclay)

« *Techniques d'irrigation intelligentes* »

Directrices de thèse : Philippe Ciblat, Sophie Martin et Anaïs Vergne

La thèse a pour objectif de gérer intelligemment la production agricole en fonction de l'irrigation possible. Pour cela, des capteurs ou des mesures distantes (de type satellitaire) donneront des informations diverses sur l'état hydrique du sol, sur l'état bactériologique du sol et donc sur sa capacité de production. Ces informations doivent être couplées avec des prévisions hydriques locales ainsi que des modèles théoriques hydriques existants.

De manière plus précise, les techniques à utiliser seront de l'apprentissage par renforcement profond informé par des modèles. En effet, les modèles seuls ne sont pas suffisant pour prendre en compte toute la complexité. Inversement, ne se baser que sur les données n'est pas une garantie de grandes performances et rend parfois la convergence des algorithmes assez lente et nécessite un choix d'hyper-paramètres compliqué. Par conséquent, l'idée est d'associer les deux visions en utilisant la notion de réseaux de neurones physiquement informés (*PINN, Physically-informed Neural Networks*) [1].

Il existe des travaux permettant d'associer ces deux univers. On peut citer dans le domaine des télécommunications les travaux de [2] ou dans le domaine de l'audio les travaux de [3]. Dans ce dernier travail, des combinaisons de fonctions de coût associant les données et les structures induites par des systèmes dynamiques représentés par des systèmes d'équation différentielle sont proposées.

En s'inspirant notamment des modèles de ruissellement de l'eau de [4] et du logiciel « Optirrig », nous souhaitons proposer une aide à la décision au plus près de la réalité de terrain aux utilisateurs de l'eau. Le retour de terrain via les modèles et les vraies mesures permettront d'alimenter l'algorithme d'apprentissage. Une autre piste non antinomique est aussi de proposer un sur-modèle (*surrogate model*) à base de réseaux de neurones pour accélérer les calculs quotidiens comme cela commence à se faire en météorologie. Noter que des outils d'aide à la décision existent déjà comme ceux de l'entreprise Seabex ou ceux d'ITK mais requièrent encore de nombreuses interventions humaines.

Outre le fait d'optimiser une ferme existante, un des objectifs est aussi de comprendre comment certaines nouvelles pratiques (par exemple, de l'Agroforesterie ou de l'Agrivoltaïsme) pourraient modifier à la fois la ferme et aussi les actions à prendre pour l'optimiser [5].

Cette thèse est dans le cadre du PEPR « Agroécologie et Numérique » et plus particulièrement du projet Twinfarms. L'étudiant.e sera inscrit.e à l'école doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris avec comme établissement de référence Télécom Paris.

Dans le cadre du projet Twinfarms, d'autres problématiques agricoles pourront être envisagées comme l'optimisation de la méthanisation de la ferme de Grignon ou l'optimisation des techniques de pâturages qui offrent des similitudes méthodologiques avec le problème initial.

- [1] J. Seo, « Solving real-world optimization tasks using PINN », Scientific reports, 2024.
- [2] A. Gizzini et al., « Explainable AI for enhancing efficiency of DL-based channel estimation », preprint Arxiv, 2024.
- [3] S. Koyama et al., « Physics-informed machine learning for sound field estimation », IEEE Signal Processing Magazine, 2024.
- [4] R. Chenevat et al., « Structures of optimal solutions for a model of crop irrigation under biological and operational constraints », preprint HAL, 2024.
- [5] C. Richert et al., « Development of a decision support system to evaluate crop performance under dynamic solar panels », 2022.