

## Avis de Soutenance

Monsieur MOHAMED OUAMANE

Sciences et Technologies Industrielles

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Contrôle avancé d'un système de micro-irrigation pour les plantes sous serre*

dirigés par Monsieur Frédéric KRATZ et Madame Hassina MEGHERBI

Ecole doctorale : Mathématiques, Informatique, Physique Théorique et Ingénierie des Systèmes - MIPTIS

Unité de recherche : PRISME - Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes et Mécanique Energétique

Cotutelle avec l'université "Université Mohamed Khaider de Biskra" (ALGERIE)

Soutenance prévue le **vendredi 06 décembre 2024** à 9h30

Lieu : IUT de Chartres 1 Pl. Roger Joly, 28000 Chartres, France

Salle : Amphithéâtre

### Composition du jury proposé

M. Frédéric KRATZ	INSA Centre Val de Loire	Directeur de thèse
Mme Ouafae BENNIS	Université d'Orléans - IUT de Chartres	Co-encadrante de thèse
Mme Hassina MEGHERBI	Université de Biska	Co-directrice de thèse
M. Laurent AUTRIQUE	Université d'Angers	Examineur
M. Mebarek BAHRI	Université de Biskra	Examineur
M. Mohamed BOUTAYEB	Université de Lorraine	Rapporteur
M. Mohammed CHADLI	Université Paris-Saclay - Univ Evry	Rapporteur
M. Mohamed Faouzi HARKAT	Université Badji Mokhtar - Annaba	Rapporteur

**Mots-clés :** Réseau de capteurs sans fils, Agriculture de précision, Évapotranspiration, Micro-irrigation, Réseau neurones artificiel, Commande

### Résumé :

Les avancées technologiques ont profondément transformé l'agriculture sous serre, révolutionnant ainsi le paysage agricole moderne. Grâce à l'environnement contrôlé des serres, il est désormais possible de cultiver des plants tout au long de l'année, indépendamment des conditions climatiques extérieures. Plus particulièrement, la gestion efficace de l'irrigation sous serre nécessite une combinaison de technologies avancées et de pratiques culturales adaptées. Dans cette thèse, à l'aide de techniques d'intelligence artificielle, un ensemble de contributions à la modélisation de l'évapotranspiration (ET) et au contrôle de l'irrigation sous serre, a été réalisé. Dans le deuxième chapitre, la modélisation du processus de culture sous serre est abordée. Dans un premier temps, un accord de collaboration entre le laboratoire PRISME et laboratoire UAL-ARM-TEP197 de l'université d'Almeria, Espagne, nous a permis d'utiliser un ensemble, de taille suffisante, de données fiables enregistrées sur quatre mois, pour l'élaboration d'un modèle de l'ET des plans de tomates sous serre. Dans le troisième chapitre, une contribution a été obtenue dans le traitement des données manquantes dans les enregistrements de données microclimatiques fournis par l'université d'Almeria. Pour traiter la saisonnalité quotidienne de 24 heures dans les variables climatiques de la serre, plusieurs techniques ont été appliquées et testées pour combler ce manque de données (ARIMA, SARIMA et ACP-SARIMAX). La méthode retenue est basée sur la technique de modélisation SARIMAX (moyenne mobile intégrée autorégressive saisonnière avec des variables exogènes), associée à l'analyse en composantes principales ACP pour le prétraitement des données et la réduction de la dimensionnalité des variables exogènes. Dans le but de validation de nos modèles et pour combler le manque de données expérimentales du laboratoire d'ALMERIA, une serre équipée de divers capteurs, actionneurs et systèmes d'acquisition de données nécessaires, a été installée à Pierres en Eure et Loir. L'ET est une mesure importante pour évaluer les besoins en eau des cultures et des écosystèmes. Sa quantification permet de calculer la quantité d'eau nécessaire pour compenser les pertes des plants. Le quatrième chapitre présente une contribution à l'estimation de l'ET. La méthode proposée utilise un modèle basé sur un réseau neuronal artificiel (ANN) pour saisir les relations complexes entre les variables climatiques à l'extérieur de la serre et le taux d'ET à l'intérieur de la serre. Une application de deux techniques d'apprentissage à l'estimation du taux de transpiration des cultures de tomates a été réalisée. La recherche a été menée dans deux serres expérimentales situées dans deux régions différentes, la première à Almeria, en Espagne, la seconde à Pierres, en France. Les deux sites présentent une différence significative au niveau des paramètres climatiques, en particulier le rayonnement solaire cumulé. Les performances de l'application ANN ont été comparées à celles de l'équation de Penman-Monteith et celles du modèle SVM. Les résultats ont montré que, contrairement aux deux autres méthodes, le modèle ANN adapte ses paramètres en fonction de la région climatique, se basant sur des variables exogènes dans les deux sites et de ce fait donne des résultats beaucoup plus précis. Dans le chapitre cinq, et dans le but de contrôler le processus d'irrigation, deux lois de commande ont été appliquées, la commande PID classique, et la commande sans modèle. Les résultats obtenus ont été validés expérimentalement dans une serre réelle et la comparaison des deux commandes a montré que la commande sans modèle présente des avantages en termes de simplicité et de flexibilité par rapport à la commande PID. Elle se distingue par sa capacité à offrir une régulation efficace et une durée d'irrigation adaptable en agissant sur un seul paramètre arbitraire, indépendamment de la complexité de la dynamique du système de pompage.