



SERVICE DE LA RECHERCHE ET DE LA VALORISATION (SRV)

Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

Madame Nadia BEN HADID soutiendra sa thèse le **8 décembre 2021 à 9h00 à Université de Perpignan Via Domitia 52 Avenue Paul Alduy 66860 Perpignan**, salle **salle réunion Bât B - 1er étage**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Océanologie**.

TITRE DE LA THESE : Modélisation prédictive par l'intelligence artificielle pour la prévision de l'état trophique dans la Lagune Nord de Tunis en utilisant la Chlorophylle-a en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu

RESUME : Les épisodes d'eutrophisation sont couramment observés dans les zones côtières, causant des dommages importants à l'écosystème, en particulier dans le bassin méditerranéen qui représente la principale destination du tourisme mondiale. Il est donc important d'anticiper leur manifestation. Les modèles prédictifs sont des techniques efficaces pour la prévision de l'eutrophisation. Les écologistes sont désormais capables de prévoir les niveaux de pollution de l'eau et de prendre les mesures de précaution nécessaires à l'avance. Des études antérieures ont confirmé la supériorité de Machine Learning (ML) dans la modélisation de la qualité de l'eau. Dans cette étude, la chlorophylle-a (Chl-a) est utilisée comme indicateur de la qualité de l'eau. Dans cette thèse, le premier chapitre met en place une caractérisation spatio-temporelle and saisonnière des paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau dans la lagune Nord de Tunis, un écosystème côtier méditerranéen restauré, peu profond situé au nord de la Tunisie. Cette étude de sept paramètres physico-chimique (profondeur de Secchi, oxygène dissous, pH, salinité, température de l'eau, phosphore total et azote total), en plus de la Chl-a, a couvert environ trois décennies (Janvier 1989 - Avril 2018), à cinq stations représentatives dans la lagune. En général, la qualité de l'eau s'accorde assez bien avec la nette amélioration du niveau d'eutrophisation de la lagune, surtout après le projet de restauration. Ce chapitre représente la première étape de la modélisation prédictive en étudiant les données à la recherche de toutes spécificités cachées (spatial, temporel ou saisonnier), afin de choisir l'algorithme le plus approprié. Dans le deuxième chapitre. Un réseau neuronal non linéaire autorégressif avec des entrées externes (NARX) a été simulé afin de prédire les concentrations de la Chl-a. Les variables prédictives utilisées sont celles qui contribuent le plus à la variation de la Chl-a selon le modèle des forêts aléatoires (Random Forest): la profondeur de Secchi et l'oxygène dissous. Plusieurs scénarios avec différentes architectures de NARX ont été testés. Les simulations des divers modèles formées ont été comparées aux données réelles pour vérifier leurs performance. En plus, différents paramètres mathématiques ont été calculés (R, R2, MSE). Les résultats ont indiqué que le modèle NARX développé peut prédire avec une grande précision (R=0.79; R2=0.62; MSE= 0.31) la concentration de la Chl-a dans la lagune avec une longueur d'avance (1 mois). Dans le troisième chapitre, un modèle saisonnier, autorégressif, à moyenne mobile intégrée (SARIMA) a été développé pour prévoir les concentrations mensuelles de la Chl-a. Les résultats ont montré que SARIMA (2,0,2)(2,0,2)12 était le modèle le mieux adapté. Nous avons démontré qu'avec une seule variable d'entrée, le modèle SARIMA montre une grande applicabilité. Enfin, le modèle SARIMA développé a été utilisé pour prévoir les concentrations de la Chl-a pour la période de mai 2018 à décembre 2025. Le processus d'eutrophisation dans les écosystèmes côtiers est un phénomène complexe. Ceci a été clairement démontré par la faible performance de la régression linéaire multivariée (R2= 0.2). Sur la base de la forte capacité de prévision du modèle SARIMA, et de la puissante capacité du réseau NARX dans les relations non linéaires, un modèle hybride combinant SARIMA et NARX est proposé dans le quatrième chapitre, pour la prévision de la Chl-a. L'utilisation d'approches linéaires et non linéaires pour modéliser les caractéristiques linéaires et non linéaires (respectivement) de la Chl-a a augmenté la précision des prévisions. L'approche NARX-SARIMA est destinée aux événements hautement hétérogènes, et les tests effectués ont prouvé son excellente performance. L'utilisation du modèle hybride a amélioré la capacité de prédiction de la Chl-a avec la meilleure performance obtenue (R= 0.82 ; R2=0.68 ; MSE= 0.24).

Directeurs de thèse :

Catherine GOYET, ESPACE-DEV -Observation Spatiale, Modèles et Science Impliquée - Université de Perpignan Via Domitia
Abdessalem SHILI, -

Co-tutelle : OUI

Etablissement de la cotutelle : Institut Nationale Agronomique de Tunisie TUNISIE (TUNISIE)

Laboratoire où la thèse a été préparée : ESPACE-DEV -Observation Spatiale, Modèles et Science Impliquée

Le jury sera composé de :

Mme Asma SAKKA HLAILI, Professeure, Faculté des Sciences de Bizerte - Université de Carthage (**Rapporteur**)

M. Ezzeddine MAHMOUDI, Professeure, UNIVERSITE CARTHAGE (**Rapporteur**)

Mme Catherine GOYET, Professeure, Laboratoire IMAGES ESPACE DEV -Université de Perpignan Via Domitia (**Directeur de thèse**)

M. Abdessalem SHILI, Maître de conférences, Institut National Agronomique de Tunisie - Université de Carthage (**CoDirecteur de these**)

Mme Maria-Angela BASSETTI, Professeure, CEFREM Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (UMR 5110) Départements Sciences de la Terre et de l'Univers (**Examineur**)

Mme Evangelia KRASAKOPOULOU, Professeur (**Examineur**)