



## AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Doyen de la Faculté des Sciences a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de

thèse de Doctorat en

« Physique et applications »

aura lieu le 10/02/2024 à la Faculté des Sciences, Kénitra

La Thèse sera présentée par Mr EN-NKHILI HICHAM

Sous le thème :

**Utilisation des réseaux de neurones artificiels et des techniques statistiques multivariées pour étudier le régime thermique et hydrogéochimique du lac-réservoir Boudaroua (nord du Maroc)**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
ECHCHELH ADIL	Président	Faculté des sciences , Kénitra
EL BARI HASSAN	Rapporteur	Faculté des sciences , Kénitra
EL OUARGHI HOUSSAIN	Rapporteur	Ecole Nationale des Sciences Appliquées- Al Hoceima
LKHARRAZNE LMOKHTAR	Rapporteur	Faculté des sciences , Ain Chok Casablanca
MASAIF NOUREDDINE	Examineur	Faculté des sciences , Kénitra
SADOUNE ZOUHAIR	Examineur	Faculté des sciences , Kénitra
MANDI LAILA	Invité	Faculté des Sciences et Techniques Marrakech
ETEBAAI ISSAM	Co-Directeur de thèse	Faculté des Sciences et Techniques Al- HOCEIMA
IGOUZAL MOHAMMED	Directeur de thèse	Faculté des sciences , Kénitra



Nom et Prénom : EN-NKHILI HICHAM  
Date de soutenance : 10/02/2024  
Directeur de Thèse : IGOUZAL MOHAMMED

#### Sujet de these

### Utilisation des réseaux de neurones artificiels et des techniques statistiques multivariées pour étudier le régime thermique et hydrogéochimique du lac-réservoir Boudaroua (nord du Maroc)

#### Résumé:

La présente étude contribue à la caractérisation du fonctionnement hydrogéochimique et hydrologique du plan d'eau Boudaroua situé au Pré-Rif externe marocain (région d'Ouezzane) entre les années 2019 et 2021. L'évaluation de la qualité des eaux du plan d'eau Boudaroua est basée sur un ensemble de techniques statistiques multivariées et les cartes auto-organisées de Kohonen (SOM) en utilisant différents paramètres de surveillance de la qualité d'eau sur cinq sites différents. Les analyses indiquent que les paramètres en charge de modifier la qualité de l'eau sont liés au rejet des eaux usées, à la variation de température, aux minéraux solubles (naturels) et aux nutriments (activités agricoles). La prédiction du taux d'évaporation journalier au plan d'eau Boudaroua par le réseau de neurones artificiel Feed-Forward et les deux réseaux de neurones récurrents (Elman et NARX), en utilisant des valeurs obtenues par la méthode du bilan énergétique montre un cycle annuel normal avec des valeurs faibles en hiver et élevées en été. La température moyenne de l'air et le rayonnement solaire sont les deux facteurs les plus influents sur le taux d'évaporation dans le plan d'eau, avec une moyenne annuelle de 4,67 mm. j-1. Les critères d'évaluation des performances utilisés ont approuvé que les modèles étudiés étaient valides pour la simulation du taux d'évaporation au réservoir Boudaroua. À partir de cette étude, nous avons conclu que le réservoir Boudaroua était affecté par les activités anthropiques d'une part et les phénomènes naturels d'autre part.

#### Abstract:

This study contributes to the characterization of the hydrogeochemical and hydrological functioning of the Boudaroua water body located in the Moroccan outer Pre-Rif (Ouezzane region) between the years 2019 and 2021. The Boudaroua water quality assessment is based on a set of multivariate statistical techniques and self-organized Kohonen Maps (SOM) using different water quality monitoring parameters at five different sites. Analyses indicate that the parameters responsible for changing water quality relate to wastewater discharge, temperature variation, soluble (natural) minerals and nutrients (agricultural activities). Prediction of the daily evaporation rate in the Boudaroua water body by the artificial neural network Feed-Forward and the two recurring neural networks (Elman and NARX), using the values obtained by the energy balance method shows a normal annual cycle with low values in winter and high values in summer. Average air temperature and solar radiation are the two most influential factors in the rate of evaporation in the water body, with an annual average of 4.67 mm. d-1. The performance evaluation criteria used approved that the models studied were valid for the simulation of the evaporation rate at the Boudaroua reservoir. From this study, we concluded that the Boudaroua reservoir was affected by anthropogenic activities on the one hand and natural phenomena on the other.

