



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

## AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mme : MANAL MARZOUQ**

Discipline : Génie Electrique

Spécialité : Génie électrique

**Sujet de la thèse :** Prévion et modélisation du rayonnement solaire et ses composantes et de la production d'énergie photovoltaïque via les techniques du machine Learning

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le samedi 02 janvier 2021 à 10h30 au Centre de conférences devant le jury composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Driss CHENOUNI	PES	Ecole Normale Supérieure de Fès	Président
Bekkay HAJJI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Oujda	Rapporteur
Rachid EL GOURI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Kenitra	Rapporteur
Abdelmajid JAMIL	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Rapporteur
Abdellah MECHAQRANE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Zakia LAKHLIAI Hakim EL FADILI	PES PH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Directeurs de thèse

Laboratoire d'accueil : Laboratoire d'Informatique et de Physique Interdisciplinaire.

Etablissement : Ecole Normale Supérieure de Fès



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

**Titre de la thèse :** Prévion et modélisation du rayonnement solaire et ses composantes et de la production d'énergie photovoltaïque via les techniques du machine Learning

**Nom du candidat :** Manal MARZOUQ

**Spécialité :** génie électrique

**Résumé de la thèse**

L'évaluation du potentiel solaire sur un site d'intérêt est une étape cruciale pour la planification et la gestion optimale des systèmes d'énergie solaire. L'objectif principal de la présente thèse est de développer des modèles plus précis pour l'estimation et la prévision de l'irradiation solaire globale, diffuse et directe. En plus d'une prévision à court terme de l'énergie photovoltaïque en utilisant des techniques de Machine Learning optimisées, en particulier les Réseaux de Neurones Artificiels Evolutifs comparés aux modèles implémentés : k plus proches voisins, arbres de décisions et forêts aléatoires.

Notre travail commence par une étude bibliographique systématique de l'estimation et de la prévision de l'énergie solaire à l'aide des Réseaux de Neurones Artificiels (RNA), où les articles de recherche les plus pertinents sont analysés et discutés. L'objectif est de mettre en évidence les limites de la recherche dans ce domaine et de proposer des recommandations et des perspectives pour les futurs travaux de recherche.

Sur la base de cette étude, nous proposons une sélection automatique des entrées RNA à partir d'un ensemble de paramètres disponibles pour l'estimation de l'irradiation solaire globale horizontale journalière. Les expériences ont été développées en utilisant différents paramètres collectés de la station radiométrique située dans le bâtiment de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès au Maroc. Cette sélection est effectuée à l'aide de Réseaux de Neurones Artificiels Evolutifs (RNAE) avec différents opérateurs génétiques, y compris la sélection, le croisement et la mutation en tenant compte du codage de l'ANN en tant qu'individu dans le bassin de l'évolution. Les performances obtenues montrent que le modèle proposé permet d'obtenir de bonnes performances d'estimation de l'irradiation solaire et permet également une sélection automatique des meilleurs paramètres d'entrée pour le RNA avec un temps de calcul minimal.

En outre, nous proposons un Framework multi-modèle pour différents horizons temporels de 1 à 6 heures à l'avance afin de prévoir l'irradiation solaire globale, diffuse et directe pour 28 sites au Maroc. Chaque modèle généré fait évoluer simultanément l'historique des prévisions et l'architecture du RNA, en recherchant automatiquement la prévision la plus précise. Un scénario de zonage utile est proposé, présentant un intérêt particulier dans le cas de l'absence de mesures de l'irradiation solaire dans certaines régions, et où les valeurs futures de l'irradiation solaire peuvent être obtenues en utilisant les données de stations appartenant à la même zone. Une étude comparative est ensuite menée avec trois autres modèles (Smart Persistence, arbres de décision et forêts aléatoires). Le Framework proposé présente une bonne précision pour la prévision de l'irradiation solaire avec une grande capacité de généralisation pour différentes conditions climatiques.

Enfin, nous entamons une étude pour la prévision de l'énergie photovoltaïque à l'aide de techniques Machine Learning en s'inspirant de l'approche RNAE proposée précédemment afin de prévoir la production d'énergie solaire à court terme d'un système photovoltaïque placé à l'École Nationale des Sciences Appliquées de Fès. Les résultats du modèle proposé sont prometteurs comparés à deux autres modèles du Machine Learning : les arbres de décisions et forêts aléatoires.

**Mots clés :** estimation de l'irradiation solaire globale journalière ; réseaux de neurones artificiels évolutifs ; sélection automatique des entrées ; prévision de l'énergie photovoltaïque ; prévision à court terme ; irradiation solaire globale, diffuse et directe ; Framework multi-modèle ; zonage climatique ; modèles de machine learning