



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Génie Rural

القسم : الهندسة الريفية

Spécialité : Sciences de l'eau

التخصص : علم المياه

Mémoire De Fin D'étude

Pour L'obtention Du Diplôme Master

THEME

Conception d'un système d'arrosage intelligent

Présenté Par : ZIAN Imane

Soutenu Publiquement le 28 /11/2023

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme LARFI Bouchra

Maitre-assistant classe A, ENSA

Promoteur : M .DELLI Reda

Maitre de conférences classe B, ENSA

Co-promoteur : M .AIT ALI YAHIA Yassine

Maitre de conférences classe B, ESI

Examineur : M. MERIDJA Samir

Maitre de conférences classe B, ENSA

Examineur : Mme LOUNIS Amel

Maitre de conférences classe B, ENSA

Promotion : 2020 /2023

Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Abstrat	
Table des matières.....	6
Liste des figures	10
Liste des tableaux.....	12
Liste des abréviations.....	13
Liste des annexes	15
Introduction générale	17
PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	19
Introduction.....	21
I.1. Définition	21
I.2. Importance de l'irrigation	21
I.3. Relation Sol-Eau-Plante	21
I.3.1. Relation Eau – plante	21
I.3.2. Relation Sol – plante	22
I.3.3. Relation Eau – sol	22
I.4. Facteurs influençant l'efficacité de l'irrigation	23
I.4.1. Données climatiques	23
I.4.2. Besoin en eau des cultures (ETM)	24
I.4.3. Pilotage de l'irrigation	24
I.4.4. Données pédologiques.....	25
I.4.5. Besoins en eau d'irrigation.....	25
I.4.6. Méthodes d'irrigation.....	25
I.5. Défis de l'irrigation en agriculture.....	27
I.5.1. Disponibilité et gestion de l'eau	27
I.5.2. Changements climatiques.....	27
I.5.3. Gestion de la salinité du sol.....	27
I.5.4. Sélection de la méthode d'irrigation	27
Conclusion	27
Introduction.....	29
II.1. Intelligence artificielle (AI)	29
II.1.1. Évolution de l'intelligence artificielle : de l'apprentissage automatique à l'apprentissage profond	29

II.2. Importance et limites de l'AI	30
II.3. Irrigation intelligente	30
II.3.1. Description générale du système d'irrigation intelligente	31
II.4. Relation entre l'irrigation intelligente et L'intelligence artificielle	31
II.5. Présentation de la plateforme Arduino	31
II.5.1. Définition	31
II.5.2. Utilisation d'Arduino dans l'irrigation intelligente.....	32
II.6. Objectifs du système d'irrigation intelligente.....	32
Conclusion	33
Introduction.....	35
III.1. Apprentissage automatique.....	35
III.1.1. Définition.....	35
III.1.2. Apprentissage supervisé	35
III.2. Forêt aléatoire (Random forest).....	36
III.2. 1. Définition.....	36
III.2.2. Arbre de décision.....	36
III.3. Applications des forêts aléatoires	37
III.4. Avantages et les limites des forêts aléatoires	38
Conclusion	38
Introduction.....	40
IV.1. Apprentissage profond (DL)	40
IV.2. Réseaux de neurones	41
IV.2.1. Réseau neuronal artificiel (ANN).....	41
IV.2.2. Réseaux de neurones récurrents (RNN)	41
Conclusion	43
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES.....	44
CHAPITRE I : CONCEPTION DE MODELE DE FORET ALEATOIRE.....	45
Introduction.....	46
I.1. Présentation des données d'étude.....	46
I.2. Plateforme Colaboratory (Google Colab)	48
I.3. Principaux modules et bibliothèques utilisés (tableau 2)	49
I.4. Fonctionnement des forêts aléatoires	49
Conclusion	49
CHAPITRE II : IMPLEMENTATION DU MODELE DE FORET ALEATOIRE.....	50
Introduction.....	51
II.1. Phases de construction de la forêt aléatoire sur colab.....	51

II.1.1. Importation des données	51
II.1.2. Préparation des données.....	52
II.1.3. Séparation des données (figure 20).....	53
II.1.4. Création de modèle et initialisation de ses paramètres	54
II.1.5. Entraînement du model_1 (fit le modèle)	56
II.1.6. Évaluation du model_1	57
II.1.7. Utilisation du modèle.....	57
II.1.8. Stockage de modèle	57
Conclusion	58
CHAPITRE III : CONCEPTION DE MODELE DE RESEAU DE NEURONE RECURRENT	59
Introduction.....	60
III.1. Présentation des données d'étude	60
III.2. Principaux modules et bibliothèques utilisés.....	61
III.3. Fonctionnement du réseau de neurone récurrent	62
A. Application du RNN	62
B. Fonction d'activation tangente hyperbolique (tanh)	63
C. Bias	63
D. Poids (w)	63
E. Fonction de perte (loss)	64
F. Adam (Adaptive Moment Estimation)	64
G. Descente de gradient	64
H. Epoch	64
I. Erreur Absolue Moyenne (MAE)	65
J. Erreur quadratique moyenne (MSE)	65
K. Racine d'erreur quadratique moyenne (RMSE)	65
Conclusion	65
CHAPITRE IV : IMPLEMENTATION DU MODELE DE RESEAU DE NEURONE RECURRENT	66
Introduction.....	67
IV.1. Phases de construction de réseau de neurone récurrent sur colab	67
IV.1.1. Importation des données.....	67
IV.1.2. Préparation des données	67
IV.1.3. Création des données d'entraînement et de test (figure 38).....	68
IV.1.4. Création du modèle (figure 39)	69
IV.1.5. Entraînement du modèle.....	70
IV.1.6. Évaluation du modèle (figure 44).....	71

IV.1.6. Stockage de modèle.....	71
Conclusion	72
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	73
CHAPITRE I : RESULTATS ET DISCUSSIONS DU MODELE DE FORET ALEATOIRE	74
Introduction.....	75
I.1. Résultats obtenus lors de l'implémentation de modèle	75
I.1.1. Analyse des données relatives à la culture de blé (figure 46)	75
I.1.2. Dimensions de l'ensemble d'entraînement et l'ensemble de test (figure 47)	75
I.1.3. Indicateurs de performance de modèle.....	76
I.1.4. Paramètres de chaque arbre (figure 50).....	80
I.1.5. Importances des variables	81
I.1.6. Visualisation d'un seul arbre de décision de model_1 de forêt aléatoire (figure 53)	81
Conclusion	82
Introduction.....	84
II.1. Analyse des résultats.....	84
II.1.1. Prétraitement des données.....	84
II.1.2. Lors de la normalisation des données	86
II.1.3. Lors de la création des données d'entraînement et de test.....	87
II.1.4. Lors de création du modèle.....	87
II.1.5. Lors de l'entraînement de modèle.....	87
II.2. Évaluation de performance	91
Conclusion	91
Conclusion générale.....	93
Références bibliographiques	96
Annexe	101

RÉSUMÉ

L'évolution dans le domaine de l'agriculture a connu une transformation majeure grâce à l'adoption de l'irrigation intelligente, alimenté par l'intelligence artificielle (IA) et les techniques d'apprentissage automatique (ML), telles que les forêts aléatoires (RF), l'apprentissage profond (DL) et les réseaux de neurones récurrents (RNN).

Cette étude présente l'entraînement et l'évaluation de la performance des deux modèles, la forêt aléatoire et les réseaux de neurones récurrents, pour déterminer le moment optimal et la quantité d'eau nécessaire, dans le but d'améliorer la précision des prévisions et des décisions en matière d'irrigation tout en réduisant l'intervention humaine.

Mot clés : Irrigation intelligent, intelligence artificielle (AI), apprentissage automatique (ML), apprentissage profonde (DL), forêt aléatoire (RF), réseau de neurones récurrents (RNN).

ABSTRAT

The evolution in the field of agriculture has undergone a significant transformation through the adoption of smart irrigation, powered by artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) techniques such as Random Forests (RF), Deep Learning (DL), and Recurrent Neural Networks (RNN).

This study presents the training, performance evaluation of the two models, random forest and recurrent neural networks, to determine the optimal timing, and required water quantity with the aim of improving the accuracy of irrigation forecasts and decisions while reducing human intervention.

Keywords: Intelligent irrigation, artificial intelligence (AI), machine learning (ML), deep learning (DL), random forest (RF), recurrent neural networks (RNN).

ملخص

تعرف الزراعة تحولاً كبيراً في مجال الزراعة بفضل تبني الري الذكي، المدعوم بالذكاء الاصطناعي (AI) وتقنيات التعلم الآلي (ML) مثل الغابات العشوائية (RF) والتعلم العميق (DL) وشبكات الأعصاب العصبية العائدة (RNN).

تقدم هذه الدراسة تدريباً وتقييماً لأداء النموذجين الغابات العشوائية وشبكات الأعصاب العصبية العائدة، لتحديد الوقت الأمثل وكمية المياه المطلوبة، بهدف تحسين دقة توقعات وقرارات الري والحد من التدخل البشري.

الكلمات الرئيسية: ري ذكي، ذكاء اصطناعي (AI)، تعلم آلي (ML)، تعلم عميق (DL)، غابات عشوائية (RF)، شبكات الأعصاب العصبية العائدة (RNN).