Département de Génie de l' Environnement

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCEDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :… … …

Série :… … … …

Mémoire

PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCEDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCEDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

Modélisation et optimisation du procédé de la coagulation / floculation d'une usine de production d'eau potable par l'intelligence artificielle

Présenté par :

MEGHAZI Mohamed Anouar

OUANIS Abdelali

TALEB Anouar

Dirigé par :

Pr. ARRIS Sihem

Année universitaire

2024-2025
Session : Juin

Sommaire

LISTE DES FIGURES I

LISTE DESTABLEAUX II

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I REVUE BIBLIOGRAPHIQUE 3

1.1 Introduction : 3

1.2 Présentation de la station d'El Athmania: 3

1.3 Chaîne de traitement de la station d'El Athmania: 4

1.3.1 Brise charge : 5

1.3.2 Bassin d'aération 5

1.3.3 Pré-ozonation: 6

1.3.4 Décantation par PULSATOR® 6

1.3.5 Filtration biologique (NITRAZUR®) : 8

1.3.6 Post-ozonation : 9

1.3.7 Filtration sur charbon actif (CARBAZUR®) 11

1.3.8 Désinfection finale : 11

1.3.9 Stockage de l'eau traitée : 12

1.3.10 Injection et de dosage des réactifs : 13

1.4 Limites des approches conventionnelles : 13

1.5 Système de supervision et d'automatisation (SCADA) : 13

1.6 Conclusion : 14

CHAPITRE II .....

L'APPLICATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LE DOMAINE DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE. 15

2.1 Introduction : 15

2.2 Rôle de l'intelligence artificielle dans la modélisation des procédées de traitement d'eau potable : 16

2.3 Machine learning et Deep Learning: 18

2.4 Techniques et algorithmes d'IA : 20

2.4.1 Apprentissage supervise: 20

2.4.2 Apprentissage non-supervise : 21

2.4.3 Apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning, RL) : 22

2.5 Les réseaux de neurones profonds (DNN) : 23

2.6 Conclusion 24

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHDES 26

3.1 Introduction : 26

3.2 Description et collecte des données : 26

3.3 Prétraitement des données : 29

3.4 Outils logiciels : 29

3.5 Modélisation par réseau de neurones profonds (DNN) : 29

3.5.1 Structure du modèle: 30

3.6 Taille de la base de données: 30
3.6.1 Normalisation des données: 31
3.6.2 Apprentissage, validation et test du modèle: 32
3.6.3 Évaluation des performances: 32
3.6.4 Répartition des erreurs du modèle: 34
3.6.5 Représentation graphique surface de réponse 3 D: 36
CHAPITRE IV: MODELISATION DU DOSAGE DE COAGULANT 37
4.1 Introduction: 37
4.2 Analyse de l'eau brute et traitée: 37
4.2.1 Turbidité (NTU): 40
4.2.2 La conductivité électrique (µS/cm): 41
4.2.3 Le potentiel hydrogénique pH: 42
4.3 Modélisation du dosage de coagulant 43
4.4 Interprétation des résultats: 50
4.5 Conclusion : 56
CONCLUSION GENARALE 58
BIBLIOGRAPHIES 60

Abstract

In this study, the Sidi Khelifa drinking water treatment system (Oued El Athmania) was selected as the application site. The data used were collected over a representative period and included: raw water turbidity, pH, temperature, and conductivity. A deep neural network (DNN) model was developed and trained in MATLAB using the Levenberg-Marquardt learning algorithm. Several architectures were tested to identify the optimal network structure. The activation functions used included the sigmoid hyperbolic tangent for the hidden layers and a linear function for the output. The results obtained showed that the DNN model is capable of accurately predicting the optimal dosage of coagulant (**12 mg/L**), with a correlation coefficient greater than **0.95** between the predicted and measured values during the training, validation, and testing phases. The model thus makes it possible to anticipate reagent needs, adjust dosages in real time, and ensure that the treated water complies with drinking water standards. This intelligent modeling approach can prove particularly useful in the field of drinking water treatment, where raw water quality is subject to significant seasonal fluctuations. It helps reduce overdosing, improve treatment efficiency, and control costs while ensuring better protection of public health.

Keywords: water treatment, coagulation, optimal dosing, artificial intelligence, deep neural networks, MATLAB

الملخص

تُعد عمليتا التخثير والتلبد من المراحل الأساسية في معالجة مياه الشرب، حيث تهدفان إلى إزالة الشوائب الدقيقة مثل المواد الغروانية والجسيمات العالقة. وتؤثر الجرعة المثلى للمخثر، مثل كبريتات الألمنيوم أو كلوريد الحديد، بشكل مباشر على كفاءة العملية وجودة المياه المنتجة، وكذلك على التكاليف التشغيلية. وتعتمد هذه الجرعة على عدة عوامل معقدة وغير خطية مثل العكارة، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة، والموصلية الكهربائية، إضافة إلى تقلبات جودة المياه الخام.

في هذا السياق، تُعد تقنيات الذكاء الاصطناعي، وخاصة الشبكات العصبية المتعددة الطبقات، أدوات فعالة للتنبؤ بالجرعة المثلى، نظراً لقدرتها على تمثيل العلاقات المعقدة بين مدخلات ومخرجات النظام، مقارنة بالنماذج التقليدية.

تم تطبيق هذه الدراسة على محطة معالجة المياه بسيدي خليفة (وادي العثمانية)، حيث تم تطوير نموذج باستخدام برنامج الحاسوب "ماتلاب" وخوارزمية عددية مناسبة، مع اعتماد دوال تنشيط غير خطية. أظهرت النتائج دقة تنبؤية عالية (معامل ارتباط أكبر من 0.95) في تحديد الجرعة المثلى. ويساهم هذا النموذج في تحسين ضبط الجرعات في الزمن الحقيقي، ورفع كفاءة المعالجة، وتقليل التكاليف، مع تعزيز حماية الصحة العامة.

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه الشرب، التخثر، الجرعة المثلى، الذكاء الاصطناعي، الشبكات العصبية العميق.