



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Supérieure Agronomique

Département : Génie rural

Spécialité : Science de l'eau

للفلاحة العليا المدرسة الوطنية

القسم : الهندسة الريفية

التخصص : علم المياه

Mémoire de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du Master en science agronomique

Thème

Réutilisation des eaux épurées en irrigation

Cas de la STEP de Baraki-Alger

Présenté par : **Bourane Nour El Houda**

Soutenu Publiquement le : 26/10/2025

Belkacem Sara

Devant le jury composé de :

Président : Mme Hank Dalila

Professeur (ENSA)

Promotrice : Mme. LARFI Bouchra

Maitre-assistante A (ENSA)

Co-promoteur : M. IMESSAOUDENE Yassine

Maitre-assistant A (UDBKM)

Examineur : M. Delli Reda

Maitre- conférence B (ENSA)

Mme Lounis Amal

Maitre-assistant B (ENSA)

Promotion : 2020-2025

Introduction générale 03

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction 03

I.2. Définition d'une eau usée..... 03

I.3. Origine des eaux usées 03

I.3.1. Eaux résiduaires urbaines 03

I.3.2. Les eaux industrielles..... 03

I.3.3. Les eaux urbaines 04

I.4. Composition des eaux usées..... 04

I.4.1. Composées organiques et minéraux 04

I.4.2. Eléments nutritifs..... 04

I.4.3. Sels dissous et salinité 04

I.4.4. Micro-organismes..... 05

I.4.5. Oligo-élément et métaux lourds 05

I.5. Caractéristiques des eaux usées épurées 05

I.5.1. Paramètres physico-chimiques 05

I.5.1.1. Température 05

I.5.1.2. Matière en suspension (MES)..... 06

I.5.1.3. La Turbidité 06

I.5.1.4. Le potentiel Hydrogène (pH)..... 06

Sommaire

| | |
|---|----|
| I.5.1.5. La Conductivité | 07 |
| I.5.1.6. L'Oxygène dissous | 07 |
| I.5.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)..... | 07 |
| I.5.1.8. Demande biochimique en oxygène (DBO ⁵) | 08 |
| I.5.1.9. L'Azote | 08 |
| I.5.1.10. Le Phosphore | 09 |
| I.6. La qualité de l'eau d'irrigation | 09 |
| I.6.1. La salinité..... | 10 |
| I.6.2. Alcanité | 10 |
| I.6.3. Critères déterminants de l'alcalinité et de salinité de l'eau d'irrigation | 11 |
| I.6.1.1. Le rapport d'adsorption du sodium SAR..... | 11 |
| I.6.1.2. Le rapport d'adsorption du sodium RSC | 11 |
| I.6.1.3. Combinaison de la conductivité électrique et rapport d'absorption du sodium | 12 |
| I.7. Conclusion | 13 |

Chapitre II : Réutilisation des eaux usées en agriculture

| | |
|---|----|
| II.1. Introduction..... | 14 |
| II.2. Traitement de la réutilisation des eaux usées bilan mondial..... | 14 |
| II.3. Traitement de la réutilisation des eaux usées en Algérie..... | 15 |
| II.3.1. Changement climatique et ressources en eau..... | 15 |
| II.3.2. Contexte juridique Algérienne | 15 |
| II.4. Spécifications des eaux épurées utilisées à des fins d'irrigation | 16 |
| II.4.1. Paramètres microbiologiques | 16 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| II.4.2. Paramètres physico-chimiques..... | 18 |
| II.4.3. Liste des cultures autorisées..... | 19 |
| II.5. Risques associés à la réutilisation des eaux épurées..... | 19 |
| II.6. Les avantages la réutilisation des eaux épurées..... | 20 |
| II.7. Conclusion..... | 14 |

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthode

| | |
|---|----|
| III.1. Introduction | 21 |
| III.2. Présentation de la zone d'étude..... | 21 |
| III.3. Situation géographique et administrative de la wilaya d'Alger | 22 |
| III.4. Localisation de la zone d'étude..... | 22 |
| III.5. Présentation générale de la STEP de Baraki | 22 |
| III.6. Filière de traitement des eaux..... | 24 |
| III.7. Caractéristiques principales des ouvrages de traitement Filière de traitement des Eaux... 25 | |
| III.7.1. Alimentation | 25 |
| III.7.1.1. Poste de relèvement n°1 (PR 1) | 25 |
| III.7.1.2. Poste de relèvement n°2 (PR 2) | 25 |
| III.7.2. Les étapes de traitements des eaux usées..... | 26 |
| III.7.2.1. Prétraitement | 26 |
| III.7.2.2. Traitement secondaire | 28 |
| III.7.2.3. Traitement secondaire (Biologique)..... | 29 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| III.7.2.4. Ouvrage de rejet | 30 |
| III.7.2.5. Recirculation et extraction des boues..... | 30 |
| III.7.3. Filière de traitement des boues | 30 |
| III.7.3.1. Épaississement des boues..... | 30 |
| III.7.3.2. Pompage des boues épaissies | 31 |
| III.7.3.3. Digestion primaire..... | 32 |
| III.7.3.4. Digestion secondaire | 31 |
| III.7.3.5. Gazomètre | 32 |
| III.8. Matériel et méthode..... | 32 |
| III.7.1. Echantillonnage | 32 |
| III.8.1.1. Point de prélèvement..... | 33 |
| III.8.1.2. Méthode de prélèvement | 33 |
| III.8.2. Détermination des paramètres physico-chimique..... | 34 |
| III.8.2.1. Détermination de MES..... | 34 |
| III.8.2.2. Détermination de DCO | 37 |
| III.8.2.3. Détermination de DO5 | 38 |
| III.8.2.4. Détermination de l'Azote Global (NGL)..... | 40 |
| III.8.2.5. Détermination de Ph et conductivité | 42 |
| III.8.2.6. Détermination de calcium et magnésium..... | 42 |
| III.8.2.7. Détermination de sodium et potassium | 42 |
| III.8.2.8. Détermination de chlore..... | 43 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| III.8.2.9. Détermination de bicarbonates..... | 43 |
| III.8.3. Outils de traitement des données | 44 |
| III.8.3.1. Diagramme de Wilcox | 44 |
| III.8.3.2. Diagramme de Riverside..... | 44 |
| III.8.4. Evaluation des risques liés à la qualité des eaux d'irrigation | 44 |
| III.8.4.1. Evaluation du risque d'alcalinité..... | 44 |
| III.8.4.2. Evaluation du risque de salinité | 45 |
| III.8.4.3. Pourcentage de sodium | 45 |
| III.9. Conclusion..... | 46 |

Chapitre IV : Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| IV.1. Prélèvement et échantillonnage | 47 |
| IV.2. Définition d'une eau épurée | 48 |
| IV.2.1. Variation de la conductivité électrique de l'eau épurée | 48 |
| IV.2.2. Variation du pH de l'eau épurée et comparaison avec les normes Algériennes ... | 49 |
| IV.2.3. Variation de MES de l'eau épurée | 50 |
| IV.2.4. Variation de DCO de l'eau épurée | 51 |
| IV.2.5. Variation de DBO5 de l'eau épurée | 51 |
| IV.2.6. Analyse des éléments majeurs (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) | 52 |
| IV.2.6.1. Sodium (Na^+) | 52 |
| IV.2.6.2. Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})..... | 53 |
| IV.2.7. Variation de l'Azote Global de l'eau épurée : | 53 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| IV.2.8. Variation de Phosphore Totale de l'eau épurée | 54 |
| IV.3. Calcul et interprétation du SAR et SAR ajusté | 54 |
| IV.3.1. SAR | 56 |
| IV.3.2. SAR ajusté | 56 |
| IV.3.3. Alcanité résiduelle | 57 |
| IV.4. Classification des eaux traitées selon les diagrammes de Wilcox et Riverside | 58 |
| IV.4.1. Diagramme de Riverside | 58 |
| IV.4.2. Diagramme de Welcox | 59 |
| IV.5. Indice de qualité spécifique..... | 60 |
| IV.5.1. Pourcentage du sodium..... | 60 |
| IV.5.2. Pourcentage du sodium soluble | 60 |
| IV.5.3. Radio de Kelly | 60 |
| IV.5.4. Indice de perméabilité | 61 |
| IV.5.5. Ratio du magnésium | 61 |
| IV.6. Interprétation des paramètres microbiologique..... | 61 |
| IV.7. Conclusion | 63 |
| Conclusion générale | 64 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes..... | |

Résumé

Ce mémoire porte sur l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées produites par la Station d'Épuration de Baraki (STEP) et sur leur aptitude à la réutilisation en irrigation agricole. Dans un contexte marqué par un stress hydrique croissant en Algérie, la valorisation des eaux traitées représente une alternative durable pour la préservation des ressources en eau douce.

Les analyses physico-chimiques effectuées montrent une qualité globalement conforme aux normes algériennes, bien que certains paramètres, tels que la salinité et le rapport d'adsorption du sodium (SAR), nécessitent un suivi régulier. En revanche, les résultats microbiologiques révèlent une concentration élevée en germes pathogènes, dépassant les seuils autorisés pour la réutilisation agricole. Ces résultats indiquent que, malgré une bonne qualité physico-chimique, l'eau épurée de la STEP de Baraki n'est pas biologiquement adaptée à une irrigation directe sans traitement complémentaire.

Mots-clés : Eaux usées épurées – Réutilisation – Irrigation agricole – Qualité physico-chimique – Qualité microbiologique

Abstract

This dissertation focuses on the assessment of the quality of treated wastewater produced by the Baraki Wastewater Treatment Plant (WWTP) and its suitability for reuse in agricultural irrigation. In the context of increasing water stress in Algeria, the reuse of treated wastewater represents a sustainable alternative for preserving freshwater resources and supporting agricultural development.

Physico-chemical analyses show that most of the evaluated parameters comply with Algerian standards, although some indicators, such as salinity and the Sodium Adsorption Ratio (SAR), require continuous monitoring. However, microbiological analyses reveal high concentrations of pathogenic microorganisms exceeding the permissible limits for agricultural reuse. These findings indicate that, despite acceptable physico-chemical quality, the treated water from the Baraki WWTP is not biologically suitable for direct irrigation without additional disinfection or advanced treatment.

Therefore, the controlled reuse of treated wastewater appears to be a promising solution to enhance water security and promote sustainable agricultural development in Algeria.

Keywords : Treated wastewater – Reuse – Agricultural irrigation – Physico-chemical quality – Microbiological quality

المخلص:

يتناول هذا البحث تقييم جودة المياه المستعملة المعالجة في محطة التطهير ببراقى ومدى صلاحيتها لإعادة الاستخدام في السقى الزراعى. وفي ظل ندرة الموارد المائية في الجزائر، تُعدّ إعادة استعمال المياه المعالجة حلاً مستداماً للحفاظ على المياه العذبة.

تشمل الدراسة تحليلاً فيزيوكيميائياً وميكروبيولوجياً للعينات المأخوذة من المحطة، ومقارنتها بالمعايير الجزائرية الخاصة بإعادة الاستعمال.

أظهرت النتائج أنّ المياه المعالجة في محطة براقى تتميز بجودة مقبولة إجمالاً، رغم الحاجة إلى مراقبة بعض المؤشرات مثل الملوحة والمواد العالقة. وعليه، فإنّ إعادة استخدام المياه المعالجة بطريقة مُحكمة تُعدّ خياراً واعدًا لتعزيز الأمن المائى ودعم التنمية الزراعية المستدامة في الجزائر.