

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



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

N° d'ordre :.... ..

Série :.... ..

Mémoire

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

DEVELOPPEMENT D'UN BIORÉACTEUR A MEMBRANE POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Présenté par :

BOUHZAM Selma

BOUSLAH Asma

Dirigé par :

Dr.BOUSSEMGHOUNE Mohamed

Grade : MCB

Année universitaire

2024-2025

Session : Juin

Table des matières

Liste des figures	XII
Liste des tableaux.....	XIII
Liste des abréviations.....	XVIII
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Pollution et traitement des eaux usées

1.1.Introduction	3
1.2.Définition de la pollution des eaux	3
1.3.Classification de Pollution	4
1.3.1. Selon le type de Pollution.....	4
1.3.2. Selon la source de la pollution	4
1.4. Conséquences de la pollution des eaux	6
1.5. Eaux usées.....	6
1.5.1 Définition des eaux usées.....	6
1.5.2 Caractéristiques des eaux usées.....	7
1.6. Épuration des eaux usées	9
1.6.1. Station d'épuration des eaux usées.....	9
1.6.2. Rôle des stations d'épuration.....	9
1.6.2. Procédés d'épurations des eaux usées	9
1.7. Conclusion	13

Chapitre II : Généralité sur les membranes et les bioréacteurs à membranes

2.1. Introduction.....	15
2.2. Limites des procédés conventionnels	15
2.3. Bioréacteurs à Membranes.....	15
2.4. Bioréacteur à membrane développé.....	16
2.4.1. Bassin anoxique.....	17
2.4.2. Bassin anaérobie.....	17
2.4.3. Bassin aérobie	17
2.5. Comparaison entre la SCA et la BRM	18
2.6. Généralités sur les membranes	20
2.6.1. Définition d'une membrane	20
2.6.2. Classification des membranes	20
2.6.3. Différents procédés de filtration membranaires	24

2.6.4. Principe de fonctionnement.....	25
2.6.5. Caractéristiques des membranes	27
2.6.6. Colmatage d'une membrane.....	29
2.6.7. Nettoyage appliqué à la filtration membranaire	29
2.6.8. Les avantages des membranes céramiques	29

Chapitre III : Equipements et Méthodologies Expérimentales

3.1. Introduction	32
3.2. Eau usée prétraitée	32
3.3. Description de bioréacteur à membrane Développé.....	32
3.1.1. Membranes céramiques Immergées	34
3.1.2 Thermoplongeur	35
3.1.3. Agitateur mécanique.....	35
3.1.4. Pompe péristaltique	36
3.1.5. Pompe d'air	37
3.1.6. Diffuseur d'air.....	37
3.2. Equipements et Méthodologies d'analyse	38
3.2.1. Température d'eau.....	38
3.2.2. Oxygène dissous.....	39
3.2.3. Conductivité	39
3.2.4. Potentiel d'Hydrogène	39
3.2.5. Matière en Suspension	40
3.2.6. Dosage de Nitrates (NO_3^-).....	41
3.2.7. Dosage de Nitrites (NO_2^-)	41
3.2.8. Dosage de L'ammonium (NH_4^+).....	42
3.2.9. Dosage de phosphates	43
3.2.10. Demande chimique en oxygène (DCO)	43
3.2.11. Demande Biologique en Oxygène DBO5	44
3.2.12. Coloration de Gram.....	45
3.2.13. Dénombrement des micro-organismes	45
3.2.14. Spectroscopie UV-visible.....	46
3.2.15. COT- mètre	47
3.2.16. Microscopie optique	48

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1. Introduction.....	50
------------------------	----

4.2. Détermination de résistance hydraulique	50
4.2.1. Détermination de résistance hydraulique la membrane par l'eau distillée.....	50
4.2.2. Détermination de résistance totale par l'eau usée	51
5.3 Evaluation du Rendement d'élimination de paramètres de qualité physico-chimique de l'eau dans les différentes positions du bioréacteur à membrane	52
5.3.1. Evaluation du Rendement d'élimination de DBO5 dans le filtrat du bioréacteur à membrane	52
5.3.2. Evaluation du Rendement d'élimination de DCO dans les trois compartiments du bioréacteur à membrane Développé et l'eau filtré	54
4.3.3. Evaluation de Rendement d'élimination de l'ammoniaque dans les trois compartiments du bioréacteur à membrane Développé et l'eau filtré	58
4.3.4. Evaluation de Rendement d'élimination des Ortho – phosphates (PO_4^{3-}) dans les trois compartiments de notre bioréacteur à membrane Développé et l'eau filtré.....	63
4.3.5. Evaluation de Rendement d'élimination des Nitrates (NO_3^-) dans les trois compartiments de notre bioréacteur à membrane Développé et l'eau filtré	67
4.3.6. Evaluation de Rendement d'élimination des nitrites NO_2^- dans les trois compartiments du bioréacteur à membrane Développé et l'eau filtré	71
4.3.7. Suivi d'évaluation de la concentration de matières en suspension dans les trois compartiments de bioréacteur à membrane développé et l'eau filtré.....	75
4.3.8. Suivi d'évaluation de la concentration de matières volatiles en suspension dans les trois compartiments de bioréacteur à membrane développé et l'eau filtré.....	78
4.3.9. Suivi d'évaluation de la réduction de turbidité dans l'eau filtrée.....	81
4.3.10. Suivi d'évaluation de potentiel d'hydrogène de l'eau dans les compartiments de bioréacteur à membrane développé et dans le filtrat.....	82
4.3.11. Suivi d'évaluation de potentiel d'hydrogène de l'eau dans les compartiments de bioréacteur à membrane développé.....	83
4.4. Etude comparative de l'amélioration de qualité de l'eau traitée de filtrat de notre Bioréacteur à Membrane (MBR) développé et de procédés conventionnels de la STEP de Ain M'Lila.....	82
4.4.1. Rendement d'Élimination des Nitrates (NO_3^-)	84
4.4.2. Rendement d'élimination des Nitrates (NO_2^-).....	85
4.4.3. Rendement d'élimination des Matières en suspension.....	86
4.4.4. Rendement d'élimination des Matières Volatils en suspension.....	87
4.4.5. Élimination de DCO.....	88

4.4.6. Réduction de la turbidité	89
4.4.7. Réduction de la conductivité	89
4.5. Evolution journalière du flux de perméat	91
4.6. Evaluation du Rendement d'élimination de paramètres de qualité physico-chimique de l'eau dans les différentes positions du bioréacteur à membrane	92
4.6.1. Identification de gram de Microorganismes présents dans les trois compartiments de bioréacteur à membrane et dans le filtrat	92
4.6.2. Dénombrement de microorganisme dans les différentes positions de bioréacteur à Membrane.....	93
Conclusion générale	95
Références bibliographique.....	97

Résumé

Ce travail porte sur le développement, la mise en œuvre et l'évaluation d'un bioréacteur à membrane (MBR) triphasé conçu localement pour le traitement des eaux usées domestiques. Le système intègre successivement trois compartiments biologiques — anoxique, anaérobie et aérobie — couplés à une membrane céramique immergée fabriquée à l'échelle locale.

L'expérimentation a été conduite à partir d'eaux usées prétraitées issues de la station d'épuration d'Aïn M'lila. Les performances du système ont été évaluées à travers des analyses physico-chimiques (DCO, DBO₅, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, MES, MVS) et microbiologiques (coloration de Gram, dénombrement). Les résultats obtenus sur une période de 15 jours ont montré des taux d'élimination supérieurs à 90 % pour la majorité des paramètres, avec une absence totale de particules en suspension dans

Le compartiment aérobie a joué un rôle clé dans la nitrification et la dégradation finale des matières organiques, tandis que les zones anoxique et anaérobie ont permis respectivement la dénitrification et la libération/assimilation du phosphore. La membrane céramique a assuré une séparation efficace et stable de la biomasse.

Les performances obtenues démontrent que le MBR développé constitue une solution technologique compacte, performante et durable, adaptée aux normes de réutilisation de l'eau. En outre, ce système ouvre la voie à la fabrication locale de bioréacteurs inspirés des modèles européens (Sigmadaf, Pure Aqua...), offrant ainsi une alternative économique et environnementale viable pour le traitement des eaux usées en contexte local

Mots clés : Bioréacteur à membranes (MBR), Procédés, Membrane, Ultrafiltration, Eaux usées

Abstrat

This work focuses on the development, implementation, and evaluation of a locally designed triphasic membrane bioreactor (MBR) for the treatment of domestic wastewater. The system successively integrates three biological compartments—anoxic, anaerobic, and aerobic—coupled with a locally manufactured immersed ceramic membrane.

The experiment was conducted using pre-treated wastewater from the Aïn M'lila wastewater treatment plant. The system's performance was evaluated through physico-chemical analyses (COD, BOD₅, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, TSS, VSS) and microbiological analyses (Gram staining, enumeration). Results obtained over a 15-day period showed removal rates exceeding 90% for most parameters, with a complete absence of suspended particles in the aerobic compartment played a key role in nitrification and the final degradation of organic matter, while the anoxic and anaerobic zones respectively allowed for denitrification and phosphorus release/assimilation. The ceramic membrane ensured efficient and stable biomass separation.

The performance achieved demonstrates that the developed MBR constitutes a compact, high-performing, and sustainable technological solution, adapted to water reuse standards. Furthermore, this system paves the way for the local manufacturing of bioreactors inspired by European models (Sigmadaf, Pure Aqua...), thus offering a viable economic and environmental alternative for wastewater treatment in a local context.

Key words : Membrane Bioreactor (MBR), Process, Membrane, Ultrafiltration, Wastewater

ملخص

يركز هذا المشروع على تطوير وتنفيذ وتقييم مفاعل حيوي غشائي ثلاثي الطور مصمم محلياً لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية. يدمج النظام على التوالي ثلاث حجرات بيولوجية - لاهوائية، لاهوائية، وهوائية - مقترنة بغشاء سيراميكي مغمور مُصنَّع محلياً.

أُجريت التجربة باستخدام مياه صرف صحي مُعالجة مسبقاً من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في عين مليلة. وُقِّم ، والطلب البيولوجي للأكسجين (COD) الطلب الكيميائي للأكسجين) أداء النظام من خلال تحاليل فيزيائية وكيميائية ، وتحاليل (، والأمونيوم، والنترات، والنترت، والفوسفات، والمواد الصلبة العالقة، والجسيمات الصلبة (BOD₅) ميكروبيولوجية (صبغة غرام، والعد). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها على مدى 15 يوماً معدلات إزالة تتجاوز 90% لمعظم المعايير، مع غياب تام للجسيمات العالقة في

لعبت المنطقة الهوائية دوراً رئيسياً في النترتة والتحلل النهائي للمواد العضوية، بينما أتاحت المناطق الخالية من الأكسجين واللاهوائية نزع النترتة وإطلاق/استيعاب الفوسفور، على التوالي. ضمن الغشاء الخزفي فصلاً فعالاً ومستقرًا للكتلة الحيوية.

المُطور يُمثل حلاً تكنولوجياً مُدمجاً وفعالاً ومستداماً، مُتوافقاً مع معايير إعادة MBR يُظهر الأداء المُحقق أن مفاعل استخدام المياه. علاوة على ذلك، يُمهد هذا النظام الطريق للتصنيع المحلي للمفاعلات الحيوية المُستوحاة من النماذج ، مما يُوفر بديلاً اقتصادياً وبيئياً مُجدياً لمعالجة مياه الصرف الصحي في (، إلخ Pure Aqua، Sigmadaf) الأوروبية البيئات المحلية

كلمات مفتاحية: مفاعل حيوي ، العملية ، غشاء ، الترشيح الفائق، مياه الصرف الصحي