

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif-
1 Faculté des Science de la
Nature et de la vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE

N°...../SNV/2025

Mémoire

Présenté par

GUETTAL Zineb

GUELLOU Dahbia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : biologie

Spécialité : Microbiologie et contrôle de la qualité

THÈME

**Évaluation de la pollution biologique de l'eau de l'Oued
Boussellam : Autoépuration naturelle et essai de bioépuration**

Soutenu publiquement le 02/07/2025

Devant les jurys

Mr BOUNECHADA Mustapha

Pr. UFA Sétif 1

Président

Mme CHERIF-SILINI Hafsa

Pr. UFA Sétif 1

Promotrice

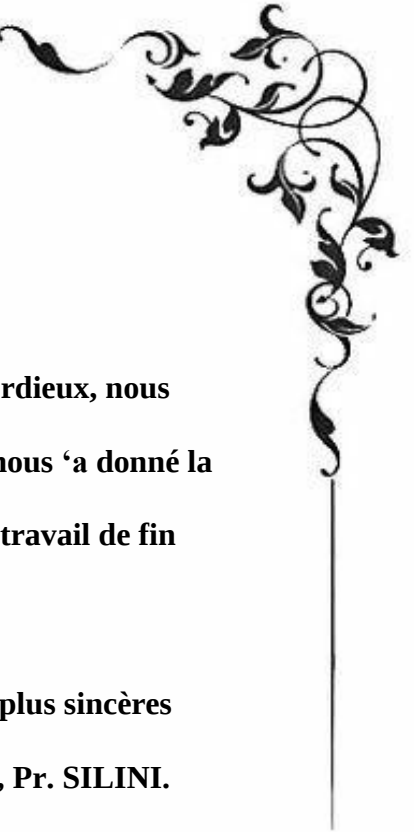
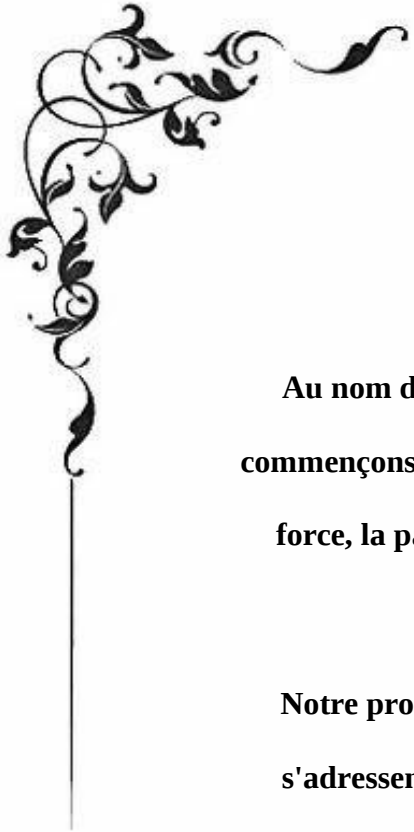
Mr SILINI Allaoua

Pr. UFA Sétif 1

Examineur

Laboratoire de Microbiologie Appliquée

2024/2025



Remerciements

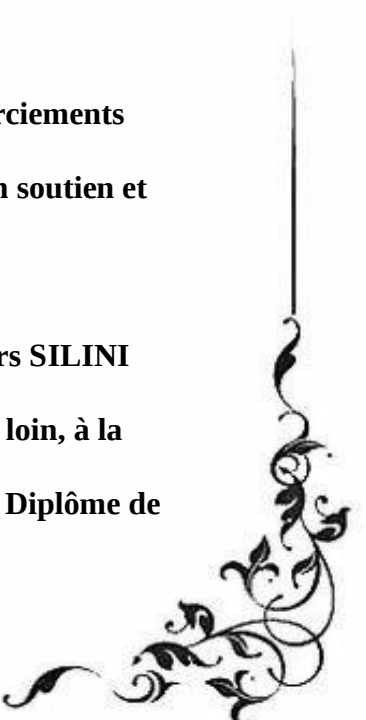
Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, nous commençons par rendre grâce à Allah le Tout-Puissant qui nous 'a donné la force, la patience et la persévérance pour mener à bien ce travail de fin d'études.

Notre profonde gratitude et nos vifs remerciements et les plus sincères s'adressent en premier lieu à notre directrice de mémoire, Pr. SILINI. CHERIF. Hafsa, d'avoir accepté de diriger ce travail de recherche. Sa disponibilité, ses conseils judicieux, ses orientations scientifiques et son encadrement rigoureux ont été déterminants dans l'aboutissement de cette étude. Ses remarques constructives et son expertise ont grandement enrichi la qualité de ce travail.

Nous aimerions également exprimer notre gratitude au Pr. BOUNECHADA Mustapha qui a accepté d'évaluer ce travail comme président du jury.

C'est avec un grand plaisir que nous adressons nos vifs remerciements également à Pr. SILINI. Allaoua pour ses précieux conseils, son soutien et aide académiques tout au long de ce travail.

Enfin, Nous tenons à exprimer nos profondes gratitude envers SILINI Rafik et toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation et à l'achèvement de ce mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master.





Dédicaces

Tous d'abord, je veux remercier Dieu le Tout Puissant de m'avoir
permis de réaliser ce modeste travail ;

A toi la louange, Ô la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils
renferment. Gloire à toi de nous avoir assisté de ta lumière et en toute
circonstance.

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

A Moi-même.

A mes très chers parents ; Marbouha, Nassreddine

Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer
toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte. Ce travail
représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, et vos
encouragements. Jamais il n'aurait vu le jour sans les conseils que vous
avez consentis pour mon éducation. Que Dieu vous protège et vous
accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A mes adorables sœurs ; Zakia, Hadjer.

Et mes plus beaux frères ; Abderrahmane, Youcef.

A celle qui occupe une place précieuse dans mon cœur ; Malak.

A ma chère encadrante ; Mme CHERIF-SILINI Hafsa.

Et mon cher professeur ; Mr SILINI Allaoua.

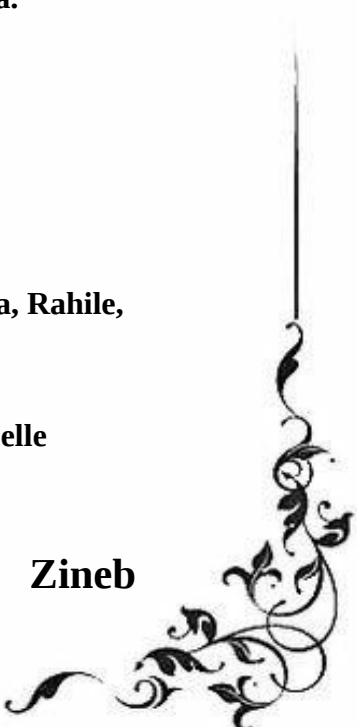
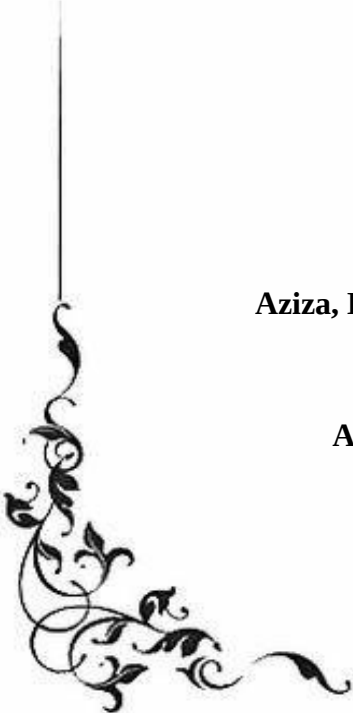
A mon binôme dans ce travail ; Dahbia.

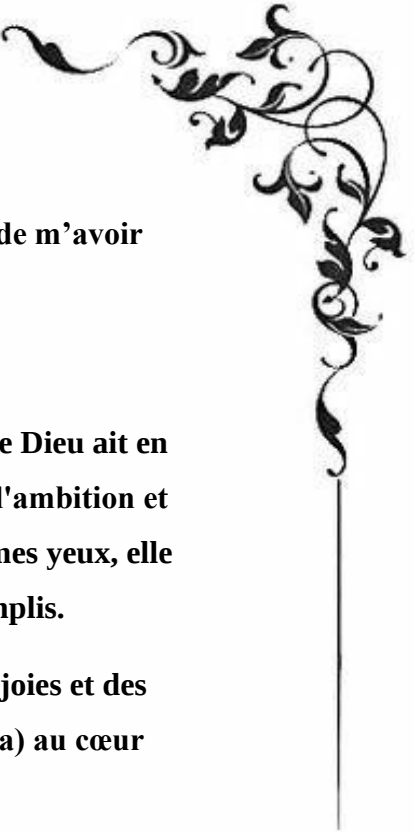
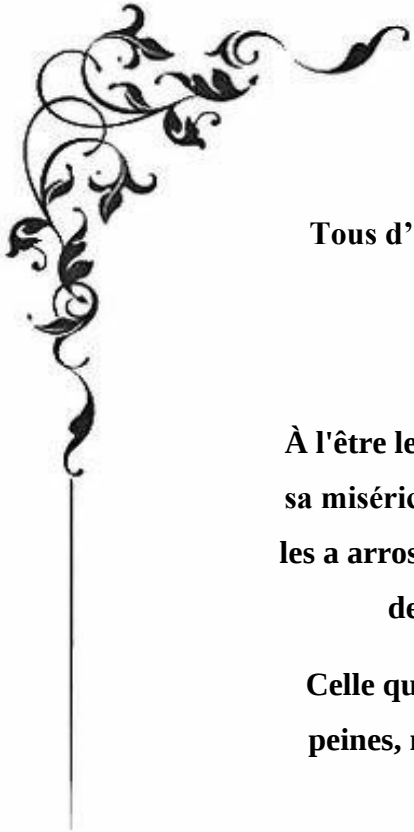
A tous mes amis et mes collègues ;

Aziza, Dina, Amel, Hanine, Sarah, Amilia, Imene, Hadil, Nada, Rahile,
Noura.

A mes deux racines ; maternelle (CHEMEUR) et paternelle
(GUETTAL).

Zineb





Dédicaces

Tous d'abord, je veux remercier Dieu le Tout Puissant de m'avoir permis de réaliser ce modeste travail ;

Je dédie ce modeste travail à :

À l'être le plus cher, ma mère (BOUFADENE Louiza) que Dieu ait en sa miséricorde, qui a semé dans mon cœur les graines de l'ambition et les a arrosées de ses prières sincères. Bien qu'absente de mes yeux, elle demeure présente dans chaque succès que j'accomplis.

Celle qui m'a maternée avec dévotion, ma complice des joies et des peines, mon port d'attache - à ma grand-mère (Khamssa) au cœur d'or.

Mon père (Zamouche) bien-aimé, ma force et mon appui, qui a façonné mon succès par ses sacrifices.

Mes chères sœurs" Youssra et Ouissem"

Mes chers frères "Ahmed et Seif-Eddine"

Mes précieuses nièces "Chaïma et Alya"

Mon adorable encadrante "Mme CHERIF-SILINI Hafsa"

Mon professeur passionné "Mr SILINI Allaoua"

Toute ma famille qui m'a couragé.

Mon amie et mon binôme Zineb.

Merci pour la confiance que tu m'as accordée pour réaliser ce mémoire ensemble.

Tous ceux qui m'ont donné la force pour continuer.

Dahbia

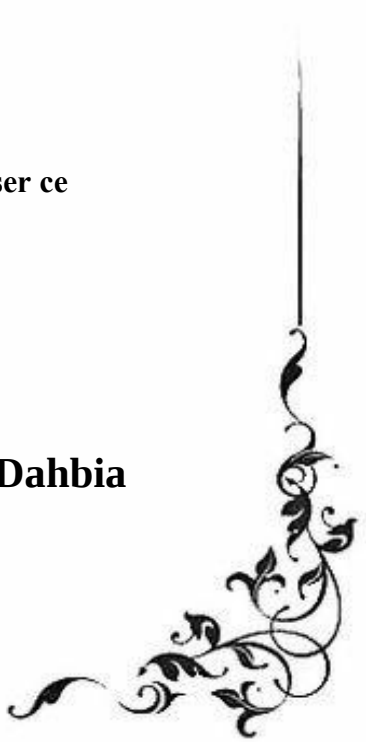


Table de matières :

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
1-Etude bibliographique	3
1.1-Généralités sur l'eau de surface	3
1.1.1-Définition et présentation de l'eau de surface.....	3
1.1.2-Cycle de l'eau dans la nature.....	3
1.1.3-Les micro-organismes autochtones	4
1.1.3.1-Les bactéries.....	4
1.1.3.2-Les champignons aquatiques.....	5
1.1.3.3-Les virus aquatiques	6
1.1.3.4-Les protozoaires	6
1.1.3.5-Les algues et microalgues	6
1.1.2-Les micro-organismes allochtones	7
1.1.2.1-Les bactéries.....	7
1.1.2.2-Les virus	7
1.1.2.3-Les protozoaires	8
1.1.2.4-Champignons et levures	8
1.1.2.5-Les helminthes	8
1.2-Pollution des eaux de surface	9
1.2.1-La pollution biologique	10
1.2.1.1-Matières organiques	11

1.2.1.2-Micro-organismes	11
1.2.1.3-Effets de la pollution biologique sur les cours d'eau	12
1.2.1.4-Le risque sanitaire	13
1.3-Autoépuration des cours d'eaux	19
1.3.1-Définition de l'autoépuration	19
1.3.2-Les mécanismes de l'autoépuration	20
1.3.2.1-Processus physiques	20
1.3.2.2-Processus chimiques.....	21
1.3.2.3-Processus biologiques	21
1.3.3-Facteurs influençant l'autoépuration	25
1.3.3.1-Facteurs physiques	25
1.3.3.2-Facteurs chimiques.....	27
1.3.3.3-Facteurs biologiques.....	28
1.4-Appréciation de la qualité de l'eau de surface	29
1.5-Traitement des eaux usées.....	33
1.5.1-Prétraitement	33
1.5.2-Traitement primaire.....	33
1.5.3-Traitement secondaire	34
1.5.4-Traitement tertiaire	34
1.5.5-Traitement des eaux usées par bioaugmentation.....	34
1.5.6-Gestion des résidus.....	35
2-Matériel et Méthodes	36
2.1-Présentation du site de prélèvement.....	36
2.2-Stations de prélèvement	36
2.3-Prélèvements	37
2.4-Echantillonnage.....	37
2.5-Evaluation de la qualité des eaux	38

2.5.1-Analyses physico-chimiques	38
2.5.1.1-pH	38
2.5.1.2-Conductivité électrique	38
2.5.1.3-Evaluation de la Demande Biologique en Oxygène en 5 jours (DBO5).....	38
2.5.1.4-Evaluation de l'azote total par la méthode de Kehjdal.....	39
2.5.1.5-Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode de Nessler	40
2.5.1.6-Dosage des Nitrates par la méthode au salicylate de sodium.....	40
2.5.1.7-Dosage des nitrites par la méthode de Zambelli	40
2.5.2-Analyses microbiologiques	41
2.5.2.1-Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	41
2.5.2.2-Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux :	41
2.5.2.3-Identification des coliformes fécaux	41
2.5.2.4-Dénombrement des entérocoques.....	41
2.5.2.5-Dénombrement des Pseudomonas.....	42
2.5.2.6-Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	42
2.5.2.7-Dénombrement des bactériophages.....	42
2.5.3-Essai d'épuration biologique de l'eau usée.....	43
2.5.4-Effet phytotoxique des eaux traitées sur la capacité germinative des graines de blé.	43
2.5.5-Analyse statistique	44
3-Résultats et discussion	45
3.1-Evolution des paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau.....	45
3.1.1-Évolution de la DBO5 et des formes azotées en relation avec les paramètres physico-chimiques.....	46
3.2-Evaluation des paramètres microbiologiques de contamination	50
3.3-Corrélation entre les indicateurs microbiologiques et les paramètres physico-chimiques :.....	54
3.4-Caractérisation de l'origine de la pollution fécale à l'aide des rapports CF/Ent et CF/CT	56

3.5-Essai d'épuration biologique.....	58
3.6-Influence des eaux traitées par bioépuration sur la capacité germinative des graines de blé dur.....	61
4-Conclusion et perspectives.....	64
Références bibliographiques.....	66
Annexes	

ملخص:

هذه الدراسة تتناول تحليل جودة مياه واد بوسلام من خلال تطور المعايير الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، التوصيلية، الطلب البيوكيميائي على الأوكسجين DBO₅، إجمالي النيتروجين، أشكال النيتروجي) والميكروبيولوجية (الفلورا الكلية، القولونيات، الإنتيروكوك، الكولي فاج، الزوائف، الكلوستريديوم) وفقًا لمواقع أخذ العينات وفترات التقييم. تُبرز النتائج وجود تباين واضح بين المنطقة العليا (S1 إلى S3) التي تعاني من تلوث شديد بسبب المخلفات المنزلية والزراعية والصناعية، والمنطقة السفلى (S4) التي تستفيد من عملية تطهير ذاتي طبيعية فعالة.

أظهرت المعالجات البيولوجية باستخدام سلالتين *Bacillus subtilis* D13 و *Acinetobacter* sp. MN6 قدرة مختلفة على تعديل ديناميكيات تحول النيتروجين وتقليل الممرضات. حيث تعزز السلالة D13 عملية إزالة النترات جزئيًا وتحلل المواد العضوية، بينما تتميز السلالة MN6 بقدرتها على التعقيم وتخزين النيتروجين في شكل جزيئات حيوية.

لم تُظهر نتائج استخدام المياه المعالجة في الري أي تأثير سمي على إنبات القمح الصلب، مما يدل على سلامتها من الناحية الزراعية. وتدعم هذه النتائج أهمية تبني استراتيجيات معالجة حيوية متسلسلة لاستعادة جودة المياه وتعزيز إعادة استخدامها بشكل مستدام.

الكلمات المفتاحية: التلوث البرازي، واد بوسلام، التطهير الذاتي، المعالجة الحيوية، *Bacillus subtilis* D13، *Acinetobacter* sp. MN6

Résumé

Cette étude porte sur l'analyse de la qualité de l'eau de l'Oued Boussellam à travers l'évolution des paramètres physico-chimiques (pH, température, conductivité, DBO₅, azote total, formes azotées) et microbiologiques (flore totale, coliformes, entérocoques, coliphages, *Pseudomonas*, *Clostridium*) en fonction des sites de prélèvement et des périodes d'échantillonnage. Les résultats mettent en évidence un contraste marqué entre une zone amont fortement polluée (S1 à S3), influencée par les rejets domestiques, agricoles et industriels, et une zone aval (S4) bénéficiant d'un processus d'autoépuration naturel efficace. La mise en œuvre de traitements biologiques à base de *Bacillus subtilis* D13 et *Acinetobacter* sp. MN6 a permis de moduler différemment les dynamiques de transformation de l'azote et la réduction des pathogènes. D13 favorise la dénitrification partielle et la solubilisation de matière organique, tandis que MN6 se distingue par sa capacité de désinfection et le stockage de l'azote sous forme de biomolécules. L'irrigation avec ces eaux traitées n'a montré aucun effet phytotoxique sur la germination du blé dur, indiquant leur innocuité agronomique. Les résultats soutiennent l'intérêt d'une stratégie de bioépuration séquentielle pour restaurer la qualité des eaux et promouvoir une réutilisation durable.

Mots-clés : Pollution fécale, Oued Boussellam, Autoépuration, Bioépuration, *Bacillus subtilis* D13, *Acinetobacter* sp. MN6

Abstract

This study focuses on analyzing the water quality of the Oued Boussellam through the evolution of physico-chemical parameters (pH, temperature, conductivity, BOD₅, total nitrogen, nitrogen forms) and microbiological parameters (total flora, coliforms, enterococci, coliphages, *Pseudomonas*, *Clostridium*) depending on sampling sites and periods. The results highlight a marked contrast between an upstream area (S1 to S3) that is heavily polluted due to domestic, agricultural, and industrial discharges, and a downstream area (S4) benefiting from an efficient natural self-purification process.

The implementation of biological treatments using *Bacillus subtilis* D13 and *Acinetobacter* sp. MN6 enabled differential modulation of nitrogen transformation dynamics and pathogen reduction. D13 promotes partial denitrification and organic matter solubilization, while MN6 is characterized by its disinfection capacity and nitrogen storage in the form of biomolecules.

Irrigation with these treated waters showed no phytotoxic effect on the germination of durum wheat, indicating their agronomic safety. The results support the relevance of a sequential bio-purification strategy to restore water quality and promote sustainable reuse.

Keywords: Fecal pollution, Oued Boussellam, Self-purification, Bioremediation, *Bacillus subtilis* D13, *Acinetobacter* sp. MN6