

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université Saad Dahlab



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de biologie

Mémoire fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences de la nature et de la vie.

Filière : Hydrobiologie Marine et continentale

Spécialité : Ecosystème aquatique

Thème :

**Contribution à l'évaluation de l'efficacité des procédés de
traitement des eaux usées, ONA BLIDA.**

Présenté par :

M^{lle}. ADDAD Bouthaina

M^{lle}. BEL HADEF Aya Asmaa

Devant les membres du Jury :

M^{me}. EL MAHDI I.

MAB/USDB1

Présidente

D^r. BOULHAIA I.

MCB/USDB1

Examinatrice

D^r. BOURIACH M.

MCB/USDB1

Promoteur

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu de nous avoir donné le courage et la patience pour faire ce travail, en espérant qu'il sera le but de nouvelles perspectives.

Je remercie tout d'abord Madame « Elamhdi I », de présider ce jury, et de mettre son expertise à disposition pour cette évaluation. Je suis reconnaissant(e) pour l'intérêt porté à mon travail ainsi que pour ses remarques pertinentes qui ont permis d'enrichir ma réflexion.

Je tiens également à remercier Madame « Boulhaia I », pour avoir accepté de participer à ce jury en tant qu'examinatrice. Ses questions judicieuses et ses commentaires constructifs m'ont aidé(e) à approfondir l'analyse et la présentation de mes résultats.

Enfin, je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur « Bouriach M^{ed} », notre directeur de recherche, pour son encadrement, ses conseils avisés, sa patience et son soutien tout au long de l'élaboration de ce travail. Sans son implication et ses encouragements constants, ce projet n'aurait pas pu aboutir.

Merci à vous tous pour votre présence, vos critiques éclairées et votre engagement dans l'évaluation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à toute l'équipe de la station d'épuration de Beni Mered, qui ont participé activement à notre stage effectué dans cette station

Merci infiniment Monsieur.



Dédicace

Je dédie ce travail à ma famille, source inépuisable de soutien et d'amour, qui m'a toujours encouragé à poursuivre mes rêves

*À mon père, mon premier professeur,
Celui qui m'a appris les premières leçons de la vie,
Par sa sagesse, sa patience et son exemple,
Il a semé en moi la soif de connaissance et le goût de l'effort. Ce
mémoire est dédié à celui qui a été mon guide dès mes premiers pas,
Avec toute ma reconnaissance et mon amour*

*À ma mère,
Source inépuisable de courage et de soutien,
Par sa tendresse et ses sacrifices silencieux,
Elle a toujours cru en moi et m'a encouragé à aller de l'avant.
Je dédie ce travail à celle qui a illuminé mon chemin,
Avec toute ma gratitude*

*À mes sœurs Meriem et Azhar
Pour leur soutien et leur présence précieuse,
Je dédie ce travail avec tout mon amour*

A mes tantes, à mon frère, mon oncle à toute ma famille



Addad Bouthaina

Dédicace

Grâce à Allah par qui les bienfaits se complètent.

Enfin, le rêve de l'obtention du diplôme s'est réalisé.

Le voyage n'a pas été court, et il ne devait pas l'être. Le rêve n'était pas proche, et le chemin n'était pas pavé de facilités... mais je l'ai fait !

J'ai toujours attendu ce jour pour voir la fierté et la joie dans les yeux de ma mère et de mon père.

Quel bonheur de vous voir fiers et heureux de ma réussite.

Qu'Allah vous protège et vous garde toujours comme une couronne sur ma tête.

Un mot aussi pour les chers de mon cœur, lumière de ma vie mes frères et sœurs.

Et à mes tantes bien-aimées, je dis : j'espère que nous serons cette génération de l'avenir qui élèvera haut le drapeau de notre pays, avec la foi et le savoir



Bel hadef Aya Asmaa

Résumés

Résumé

Ce travail évalue les performances épuratoires de la station d'épuration (STEP) de Beni Mered (Blida, Algérie), qui traite les eaux usées urbaines et industrielles par un procédé à boues activées. L'étude s'est basée sur le suivi de paramètres physico-chimiques clés (MES, DBO5, DCO, pH, température, nutriments) à l'entrée et à la sortie de la station sur une période s'étendant de novembre à mai. Les résultats indiquent une efficacité élevée du traitement pour l'élimination de la charge organique et particulaire, avec des rendements moyens supérieurs à 94% pour les MES, 93% pour la DBO5 et 90% pour la DCO. Les concentrations dans l'effluent traité respectent les normes algériennes de rejet pour ces paramètres. L'élimination des nutriments (nitrates et phosphates) est observée, avec des rendements moyens respectifs d'environ 64% et 67%, indiquant une performance acceptable mais perfectible pour limiter les risques d'eutrophisation. Malgré les variations climatiques durant la période d'étude, la station a démontré une bonne robustesse opérationnelle. Cette évaluation confirme l'efficacité globale de la STEP mais souligne l'importance d'optimiser l'élimination des nutriments pour une meilleure protection du milieu récepteur et une éventuelle réutilisation des eaux traitées.

Mots-clés : Eaux usées, Station d'épuration, Boues activées, MES, DBO5, DCO, Nutriments, Beni Mered.

Abstract

This work evaluates the treatment performance of the Beni Mered wastewater treatment plant (WWTP) in Blida, Algeria, which processes urban and industrial wastewater using the activated sludge method. The study was based on monitoring key physico-chemical parameters (TSS, BOD₅, COD, pH, temperature, nutrients) at the inlet and outlet of the plant over a period from November to May. The results indicate a high treatment efficiency for the removal of organic and particulate matter, with average removal rates exceeding 94% for TSS, 93% for BOD₅, and 90% for COD. The concentrations in the treated effluent comply with Algerian discharge standards for these parameters. Nutrient removal (nitrates and phosphates) was observed, with respective average removal rates of approximately 64% and 67%, indicating acceptable but improvable performance to reduce the risk of eutrophication. Despite climatic variations during the study period, the plant demonstrated good operational robustness. This evaluation confirms the overall effectiveness of the WWTP but highlights the importance of optimizing nutrient removal for better protection of the receiving environment and potential reuse of the treated water.

Keywords: Wastewater, Wastewater Treatment Plant, Activated Sludge, TSS, BOD₅, COD, Nutrients, Beni Mer

الملخص :

تتناول هذه الدراسة تقييم أداء محطة معالجة المياه المستعملة بني مراد البلدية الجزائر التي تعتمد على تقنية الحماة المنشطة لمعالجة المياه المنزلية و الصناعية . تمت مراقبة مجموعة من المعايير الفيزيائية والكيميائية مثل المواد الصلبة العالقة و الطلب البيوكيميائي على الاكسجين خلال خمسة أيام و الطلب البيوكيميائي على الاكسجين . درجة الحموضة . الحرارة والعناصر الغذائية . خلال الفترة الممتدة من نوفمبر الى ماي أظهرت النتائج كفاءة عالية في إزالة المواد العضوية والعالقة بنسبة تفوق 90 ٪ . كما التزمت المياه المعالجة بالمعايير الجزائرية . تم تسجيل نسبة متوسطة لإزالة النترات والفسفور حوالي 64 ٪ و 67 ٪ (مما يشير الى أداء مقبول في هذا الجانب . مع إمكانية تحسينه رغم تغيرات الطقس أظهرت المحطة استقرارا جيدا في التشغيل مما يؤكد و يبرز أهمية تحسين إزالة المغذيات لحماية البيئة و إعادة استخدام المياه .

مياه مستعملة . معالجة الحماة المنشطة . بني مراد . مغذيات . المواد الصلبة العالقة و الطلب البيوكيميائي على الاكسجين خلال الكلمات المفتاحية:خمس أيام و الطلب البيوكيميائي على الاكسجين .

Liste des Figures

Liste des figures

Figure N° 01:	Localisation de la STEP.....	7
Figure N° 02:	La chaine de traitement des eaux	9
Figure N° 03:	Prétraitement.....	11
Figure N° 04:	Dégrilleur automatique fin.....	13
Figure N° 05:	Bassin d'aération	14
FigureN° 06 :	Températures mensuelles (minimale, moyenne et maximale) à Blida (novembre à mai).....	26
Figure N° 07:	Précipitations mensuelles à Blida (novembre 2024 à mai 2025).....	26
Figure N° 08:	Diagramme ombrothermique de Blida (novembre à mai).....	27
Figure N° 09:	Humidité relative mensuelle à Blida (novembre à mai).....	27
Figure N° 10:	Évolution des concentrations en MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration et rendements d'élimination correspondants.....	28
Figure N°11:	Zone de stockage des boues déshydratées.....	29
Figure N°12:	Évolution des concentrations en DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration et rendements d'élimination correspondants.....	29
Figure N°13:	Comparaison des rendements d'élimination de MES, DBO5 et DCO	30
Figure N° 14:	Évolution de Nitrate à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	31
Figure N°15:	Évolution de phosphate à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	32
Figure N°16:	Évolution de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	32
Figure N°17:	Évolution du pH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	33
Figure N°18:	Évolution de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	33
Figure N°19:	Évolution de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	34
Figure N° 20:	Relation entre température moyenne mensuelle et rendements d'élimination des MES, DBO5 et DCO	34

Liste des figures

Figure N°21:	Relation entre précipitations mensuelles et concentrations en MES à l'entrée de la station.....	35
Figure N°22:	Opération de prélèvement.....	48
Figure N°23:	Processus de préparation de MES.....	48
Figure N°24:	Un kit de test spécifique LCK 514/31.....	48
Figure N° 25:	Usine de déshydratation.....	49
Figure N° 26:	Zone de stockage des boues déshydratées (Mazzouz, 2023).....	49
Figure N° 27:	Schéma des types de Boues.....	49
Figure N°28:	pH mètre.....	50
Figure N°29:	Oxymètre.....	50
Figure N° 30:	Dégrilleur automatique fin.....	50
Figure N°31:	Conductimètre.....	51
Figure N° 32:	DBO mètre.....	51
FigureN 33 :	spectrophotomètre	52
Figure N°34 :	Clarificateur.....	52
Figure N° 35 :	Décanteur primaire.....	52

Liste des Tableaux

Liste des abreviations

Tableau N°I :	Données de base.....	8
Tableau N°0II :	Caractéristiques dimensionnelles du décanteur primaire.....	12
Tableau N°III :	Caractéristiques dimensionnelles du bassin d'aération.....	14
Tableau N°VI :	Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles.....	15
Tableau N°V:	Tableau de choix du volume d'échantillon.....	16
Tableau N°VI:	Résumé des paramètres physico-chimiques.....	36
Tableau N°VII:	Comparaison des performances de la station de Blida avec celles de Baraki, Chenoua, Tunis et Casablanca	38

Liste des abréviations

Liste des abreviations

- 1) **STEP** : Station d'Épuration.
- 2) **ONA** : Office National d'Assainissement.
- 3) **MES** : Matières en suspension.
- 4) **DBO5** : Demande Biologique en Oxygène.
- 5) **DCO** : Demande Chimique en Oxygène.
- 6) **NO3-** : Nitrates.
- 7) **NO2-** : Nitrite.
- 8) **PT** : Phosphore total.
- 9) **NT** : Azote total.
- 10) **EE** : Eaux épuré
- 11) **EB** : Eeaux brute

Tables des matières

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Chapitre I Synthèse bibliographique

1. Développement historique des systèmes de traitement **Error! Bookmark not defined.**
 - 1.1 Transition vers des solutions durables..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2 Procédés classiques et innovants **Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3 Technologies émergentes pour le traitement des eaux usées : **Error! Bookmark not defined.**
- 2 Critères d'évaluation..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.1 Performance environnementale : **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2 Coût-bénéfice : **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3 Impact écologique : **Error! Bookmark not defined.**

Chapitre II matériel et méthode

- 1 Description générales de la station d'épuration de Beni Mered **Error! Bookmark not defined.**
- 2 Données de base..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.1 Charges hydrauliques : **Error! Bookmark not defined.**
- 3 Les installations de la step **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.1 Description des ouvrages de traitement de la filière eaux **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2 Les stations de relevage : **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.1 Poste de relevage N°18..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.2 Poste de relevage N°22..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.3 Ouvrage de réception..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4 Traitement des eaux :9
 - 4.1 Chaîne de traitement des eau.....9
 - 4.2 Prétraitement : **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.1 Dégrillage : **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.2 Déshuilage et dessablage **Error! Bookmark not defined.**
- 5 Traitement primaire: **Error! Bookmark not defined.**
 - 5.1 Bassin d'aération **Error! Bookmark not defined.**
 - 5.2 Le bassin d'aération poursuit trois objectifs principaux : **Error! Bookmark not defined.**
 - 5.3 Clarificateur (décantation secondaire) : **Error! Bookmark not defined.**
 - 5.4 Recirculation des boues secondaires : **Error! Bookmark not defined.**

6	Désinfection des effluents	Error! Bookmark not defined.
7	Prélèvement et échantillonnage	Error! Bookmark not defined.
7.1	Le prélèvement automatique	Error! Bookmark not defined.
7.2	Le prélèvement manuel	Error! Bookmark not defined.
8	Chaine de traitement des boues	Error! Bookmark not defined.
8.1	Protocole des analyses physico-chimiques :	Error! Bookmark not defined.
8.1.1	Température :	Error! Bookmark not defined.
8.1.2	pH	Error! Bookmark not defined.
8.1.3	Oxygène dissous :	Error! Bookmark not defined.
8.1.4	Conductivité :	Error! Bookmark not defined.
8.3	Mode opératoire :	Error! Bookmark not defined.
9	Parametre de pollution	Error! Bookmark not defined.
9.1	Matières en suspension MES	Error! Bookmark not defined.
9.2	Principe	Error! Bookmark not defined.
9.3	Matériel et verrerie nécessaires	Error! Bookmark not defined.
9.4	Procédure	Error! Bookmark not defined.
9.5	La demande chimique en oxygène DCO :	Error! Bookmark not defined.
	Principe :	Error! Bookmark not defined.
9.6	Mode opératoire reformulé	Error! Bookmark not defined.
9.7	La demande biologique en oxygène (DBO ₅) :	Error! Bookmark not defined.
9.8	Principe de la mesure de la DBO ₅	Error! Bookmark not defined.
9.8.1	Mode opératoire :	Error! Bookmark not defined.
9.9	L'azote total (NT)	Error! Bookmark not defined.
9.1	Mode opératoire :	Error! Bookmark not defined.
9.11	Phosphore total (PT)	Error! Bookmark not defined.
9.12	Mode opératoire	25

Chapitre III Résultats et discussion

1	Analyse des données climatiques	Error! Bookmark not defined.
1.1	Évolution des températures	Error! Bookmark not defined.
1.2	Régime des précipitations	Error! Bookmark not defined.
1.3	Diagramme ombrothermique	Error! Bookmark not defined.
1.4	Humidité relative	Error! Bookmark not defined.
2	Analyse des paramètres physico-chimiques	Error! Bookmark not defined.
2.1	Évolution des matières en suspension (MES)	Error! Bookmark not defined.
2.2	Évolution de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	Error! Bookmark not defined.
2.3	Évolution de la demande chimique en oxygène (DCO)	Error! Bookmark not defined.

2.4	Comparaison des rendements d'élimination	Error! Bookmark not defined.
2.5	Évolution des Nitrates (NO_3^-)	Error! Bookmark not defined.
2.6	Évolution des Orthophosphates (PO_4^{3-})	Error! Bookmark not defined.
2.7	Évolution des autres paramètres physico-chimiques	Error! Bookmark not defined.
3	Relations entre paramètres climatiques et performances épuratoires	Error! Bookmark not defined.
3.1	Influence de la température sur les rendements d'élimination	Error! Bookmark not defined.
3.2	Synthèse des interactions climat-performances	Error! Bookmark not defined.
4	Discussion et implications pour la gestion des stations d'épuration	Error! Bookmark not defined.
4.1	Robustesse du procédé face aux variations saisonnières	Error! Bookmark not defined.
4.2	Implications pour l'optimisation du traitement.....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Perspectives pour la réutilisation des eaux traitées	Error! Bookmark not defined.
5	comparatif entre defférants stations	Error! Bookmark not defined.
Conclusion.....		41
Annexes.....		42
References Bibliographiques.....		43

Introduction

Introduction

L'eau douce constitue une ressource essentielle à la vie humaine, au développement économique et à la préservation des écosystèmes. Cependant, cette ressource est aujourd'hui soumise à une pression croissante à l'échelle mondiale, en raison de l'augmentation démographique, du changement climatique et de la pollution généralisée (Organisation des Nations Unies (ONU, 2023). Selon le rapport mondial sur la gestion de l'eau, près de 700 millions de personnes dans 43 pays souffrent actuellement de pénurie d'eau, une situation qui risque de s'aggraver avec la dégradation des écosystèmes aquatiques et la multiplication des sécheresses (ONU, 2023).

En Algérie, la rareté de l'eau est un défi majeur, particulièrement dans les régions arides et semi-arides où les ressources hydriques sont limitées. Cette situation est exacerbée par des infrastructures souvent obsolètes, une gestion inefficace et des coupures d'eau fréquentes qui affectent la qualité de vie et le développement socio-économique (Boudjemaa et Benyahia, 2021). Par ailleurs, la pollution des eaux usées non traitées représente une menace sérieuse pour l'environnement et la santé publique. Le rejet direct de ces eaux dans les milieux naturels entraîne une dégradation de la qualité de l'eau, la prolifération d'algues toxiques, la contamination des sols et des nappes phréatiques, ainsi que la propagation de maladies hydriques telles que le choléra et la fièvre typhoïde (Khelifi, Bensalem, et Ould Ahmed, 2020 ; Mansouri et Boukhalfa, 2019).

Face à ces enjeux, le recyclage des eaux usées apparaît comme une solution durable et stratégique pour atténuer la pression sur les ressources en eau douce (Smith et Johnson, 2022). Le traitement et la réutilisation des eaux usées permettent de valoriser une ressource longtemps considérée comme un déchet, en la rendant apte à divers usages tels que l'irrigation agricole, les usages industriels ou la recharge des nappes phréatiques (Smith et Johnson, 2022). Cette approche contribue à une gestion circulaire de l'eau, favorisant la durabilité et la résilience face aux crises hydriques.

En Algérie, les stations d'épuration jouent un rôle clé dans la gestion de cette ressource. Les technologies les plus courantes incluent les stations à boues activées ainsi que les systèmes de lagunage naturel, ce dernier étant particulièrement adapté aux conditions climatiques et économiques du pays (Cherif, Haddad et Toumi, 2021). Le lagunage naturel offre l'avantage d'une faible consommation énergétique et d'une maintenance réduite, tout en assurant une bonne épuration bactériologique (Cherif, Haddad et Toumi, 2021). Toutefois,

pour atteindre les normes de qualité requises, ces systèmes sont souvent complétés par des bassins de filtres plantés ou d'autres procédés complémentaires (Djerad et Amrane, 2023).

L'évaluation des performances des stations d'épuration en Algérie est donc essentielle pour optimiser leur fonctionnement, garantir la protection de l'environnement et assurer la santé publique. Plusieurs études ont souligné l'importance d'adapter les technologies aux contraintes locales, tout en maîtrisant les coûts d'exploitation (Cherif et al., 2021 ; Djerad et Amrane, 2023). Ces efforts participent à la lutte contre la pollution des eaux et à la préservation des ressources hydriques dans un contexte de stress hydrique croissant.

Ainsi, ce mémoire représente une contribution à l'analyse des procédés de traitement des eaux usées, en mettant l'accent sur leur efficacité et leur rôle dans la gestion durable de l'eau en Algérie. L'étude porte plus particulièrement sur la station d'épuration de la ville de Blida STEP Beni Mered afin d'évaluer ses performances épuratoires, son rendement et son impact sur la protection environnementale

Ce travail est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre Fournir une revue critique de la littérature scientifique existante sur les procédés de traitement des eaux usées (dans le monde et en Algérie).
- Le deuxième chapitre est consacré à la description générale de la station d'épuration des eaux usées de Beni Mered et au matériel et méthodes analytiques utilisés dans cette étude.
- Le dernier chapitre inclut les résultats expérimentaux obtenus et leurs discussions.
- En finalise avec une conclusion et perspectives générale.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Développement historique des systèmes de traitement

Le traitement des eaux usées a connu une évolution progressive depuis les premières formes de collecte et d'élimination rudimentaires jusqu'aux systèmes sophistiqués actuels. Initialement, les eaux usées étaient simplement rejetées dans l'environnement sans traitement, ce qui a conduit à des problèmes sanitaires et environnementaux majeurs (Piel, 2019).

Avec l'urbanisation et l'industrialisation, des systèmes de traitement primaires ont été développés pour éliminer les solides et les matières en suspension. Progressivement, les traitements secondaires biologiques ont été introduits pour dégrader la matière organique dissoute, suivis par des traitements tertiaires visant à éliminer les nutriments et contaminants spécifiques (Piel, 2019). En Algérie, le développement des stations d'épuration a suivi une trajectoire similaire, avec une montée en puissance des infrastructures depuis les années 1980, mais avec des défis liés à la gestion, la maintenance et l'adaptation aux normes environnementales modernes (Bensmain-Hamidi et Bouchelkia, 2024).

Cependant, malgré les efforts récents, seulement 60% des eaux usées urbaines sont traitées en Algérie, avec des disparités régionales marquées (Ministère des Ressources en Eau, 2023). La station ONA Blida, par exemple, illustre ces défis avec des rapports signalant des surcharges saisonnières (Kadri et al., 2022).

2. Transition vers des solutions durables

La prise de conscience croissante des impacts environnementaux a conduit à une transition vers des solutions plus durables, intégrant la prévention à la source et l'écoconception. Cette approche vise à minimiser la pollution dès la phase de conception des systèmes industriels et des infrastructures de traitement, réduisant ainsi la formation de boues et autres sous-produits polluants (Schmidheiny, 1992 ; De Winter et Kals, 1994). En Algérie, cette transition est encore en cours, avec des efforts visant à optimiser la gestion des stations existantes et à intégrer des technologies plus respectueuses de l'environnement (Bensmain-Hamidi et Bouchelkia, 2024).

2.1 Procédés classiques et innovants

2.1.1 Principaux procédés

Traitement primaire : Décantation et élimination des solides en suspension.

Traitement secondaire : Utilisation de procédés biologiques comme les boues activées, les lagunes aérées et les lits plantés de macrophytes. Les boues activées et les lits plantés montrent de meilleures performances d'abattement de la DBO5 et de la DCO que les lagunes, surtout sous climat aride (Boudissa et al., 2022).

Traitement tertiaire : Désinfection, filtration avancée, parfois absente dans les stations algériennes, ce qui limite la qualité de l'eau pour la réutilisation (Boudissa et al., 2022 ; Bouzid et al., 2023). Une étude récente sur la station de Blida montre que l'ajout d'une étape de filtration tertiaire (ex. : sable + UV) pourrait améliorer la réutilisation agricole, avec un taux de réduction des pathogènes de 95% (Bouzid et al., 2023).

2.1.2 Technologies émergentes

Des procédés innovants comme l'utilisation de la chaux locale (CaO) pour améliorer la qualité de l'eau traitée, la méthanisation des boues, la cogénération et la phytodépuration sont étudiés pour leur efficacité et leur adaptation au contexte local (Bouzid et al., 2023 ; Boudissa et al., 2022).

2.1.3 Critères d'évaluation couramment utilisés

En Algérie, le MBR a été testé à petite échelle (ex. : hôpital de Blida), réduisant la DCO de 92% mais avec des coûts énergétiques élevés (Bouabdesselam, 2023). Les filtres plantés de roseaux, moins chers, y sont une alternative prometteuse (UNEP, 2022).

Les stations d'épuration algériennes montrent une efficacité variable selon le procédé, avec des taux d'abattement plus élevés pour les boues activées et les lits plantés. Cependant, certains paramètres restent parfois supérieurs aux normes nationales et internationales, ce qui limite la réutilisation agricole (Boudissa et al., 2022 ; Bouzid et al., 2023). Technologies émergentes pour le traitement des eaux usées

2.1.4 Membrane Bioreactor (MBR) :

Le MBR est une technologie de traitement des eaux usées qui a gagné en popularité pour son efficacité dans l'élimination des contaminants émergents. Il est particulièrement efficace pour traiter les charges organiques élevées et peut atteindre des taux d'élimination allant jusqu'à 90% pour les contaminants émergents (Saidulu et al., 2021 ; Khan et al., 2023). Le MBR est également utilisé dans le traitement des eaux usées hospitalières, où il réduit efficacement les pathogènes et les contaminants émergents, tout en minimisant la production de boues (He et al., 2024).

2.1.5 Phytodépuration :

En Algérie, la phytoépurations a montré son efficacité dans l'élimination de la pollution azotée, avec des taux d'abattement dépassant 80% pour divers paramètres azotés. Cette méthode est simple, peu coûteuse et bien adaptée aux conditions locales, offrant une eau de qualité pour l'irrigation tout en préservant l'environnement (Hammadi et al., 2019).

2.1.6 Advanced Oxidation Process (AOP) :

Les AOP sont prometteurs pour le traitement des eaux usées industrielles, bien qu'ils soient coûteux à grande échelle. L'intégration des AOP avec des processus biologiques permet une dégradation durable des polluants toxiques, offrant une solution économique et respectueuse de l'environnement (Ponnusami et al., 2023 ; Ugwuanyi et al., 2024). Les AOP combinés avec des MBR ont montré une amélioration significative de la biodégradabilité des eaux usées pharmaceutiques et une réduction de l'encrassement des membranes (Gharibian & Hazrati, 2022).

2 Critères d'évaluation

2.1 Performance environnementale :

Les technologies émergentes comme le MBR et les AOP intégrés sont évaluées pour leur efficacité à éliminer les polluants, leur impact sur les émissions de carbone, et leur capacité à produire des effluents de haute qualité (He et al., 2024 ; Rashidi et al., 2018). Les évaluations du cycle de vie (LCA) sont souvent utilisées pour mesurer l'impact environnemental global de ces technologies (Rashidi et al., 2018). Les analyses du cycle de vie (ACV) en contexte aride révèlent que les MBR génèrent 20% de gaz à effet de serre en plus que les lits plantés, mais avec une empreinte spatiale réduite (Rashidi et al., 2018).

2.2 Coût-bénéfice :

Pour l'ONA Blida, une hybridation MBR/phytodépuration pourrait réduire les coûts opérationnels de 30% tout en répondant aux normes OMS (WHO, 2023). Les analyses économiques des technologies comme le MBR montrent une réduction des coûts d'exploitation grâce à des économies d'échelle et une diminution des coûts des membranes et de l'électricité (He et al., 2024). Les AOP, bien que coûteux, offrent des opportunités pour la production de sous-produits de haute valeur, ce qui peut compenser les coûts initiaux (Ponnusami et al., 2023).

2.3 Impact écologique :

Les technologies comme la phytoépurations ont un impact écologique positif en préservant l'environnement local et en améliorant la qualité de l'eau pour des usages tels que l'irrigation (Hammadi et al., 2019). Les MBR et les AOP intégrés contribuent également à réduire les risques environnementaux associés aux contaminants émergents (Khan et al., 2023 ; Gharibian et Hazrati, 2022).

Ce chapitre bibliographique a retracé l'évolution des systèmes de traitement des eaux usées, depuis les méthodes rudimentaires jusqu'aux technologies modernes, en mettant en lumière les enjeux spécifiques au contexte algérien. Les procédés classiques (traitements primaire, secondaire et tertiaire) restent largement utilisés, mais leurs limites – notamment en matière de réutilisation des eaux traitées – ont motivé l'émergence de solutions innovantes comme les MBR, la phytodépuration ou les AOP.

L'Algérie, confrontée à des défis d'efficacité, de maintenance et de respect des normes, explore ces alternatives avec des résultats prometteurs, bien qu'inégaux. Les études locales (ex. : Boudissa et al., 2022 ; Bouzid et al., 2023) soulignent l'adaptation nécessaire des technologies aux contraintes climatiques et économiques, tandis que les évaluations environnementales (ACV) et économiques (coût-bénéfice) guident les choix stratégiques.

La transition vers une gestion durable des eaux usées, alignée sur les ODD, passe par une hybridation des procédés et une optimisation des infrastructures existantes, comme le suggèrent les cas pratiques analysés. Les perspectives de recherche doivent encore affiner l'équilibre entre performance, coût et durabilité, en particulier pour des stations comme celle de Blida, où les besoins en réutilisation agricole sont criants.

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Cette étude consiste à effectuer des analyses physico-chimiques des eaux brutes et épurées de la station d'épuration (STEP) de Beni Mered urant une période de 6 mois s'étalant du mois novembre 2025jusqu'au mois de mai 2025.

1 Description générale de la station d'épuration de Beni Mered

La station d'épuration de Beni Mered est implantée sur le territoire de la commune de Beni Mered, dans la wilaya de Blida. Elle se trouve à l'est de la route nationale n°1, à proximité de l'oued Béni Azza. Cette installation fait partie des infrastructures dédiées à la protection des cours d'eau contre la pollution et est en service depuis 2017. Actuellement, la station, qui s'étend sur une superficie de six (06) hectares, est gérée et exploitée par l'Office National de l'Assainissement (O.N.A). Elle traite les eaux usées urbaines ainsi que les eaux industrielles (Figure 01).

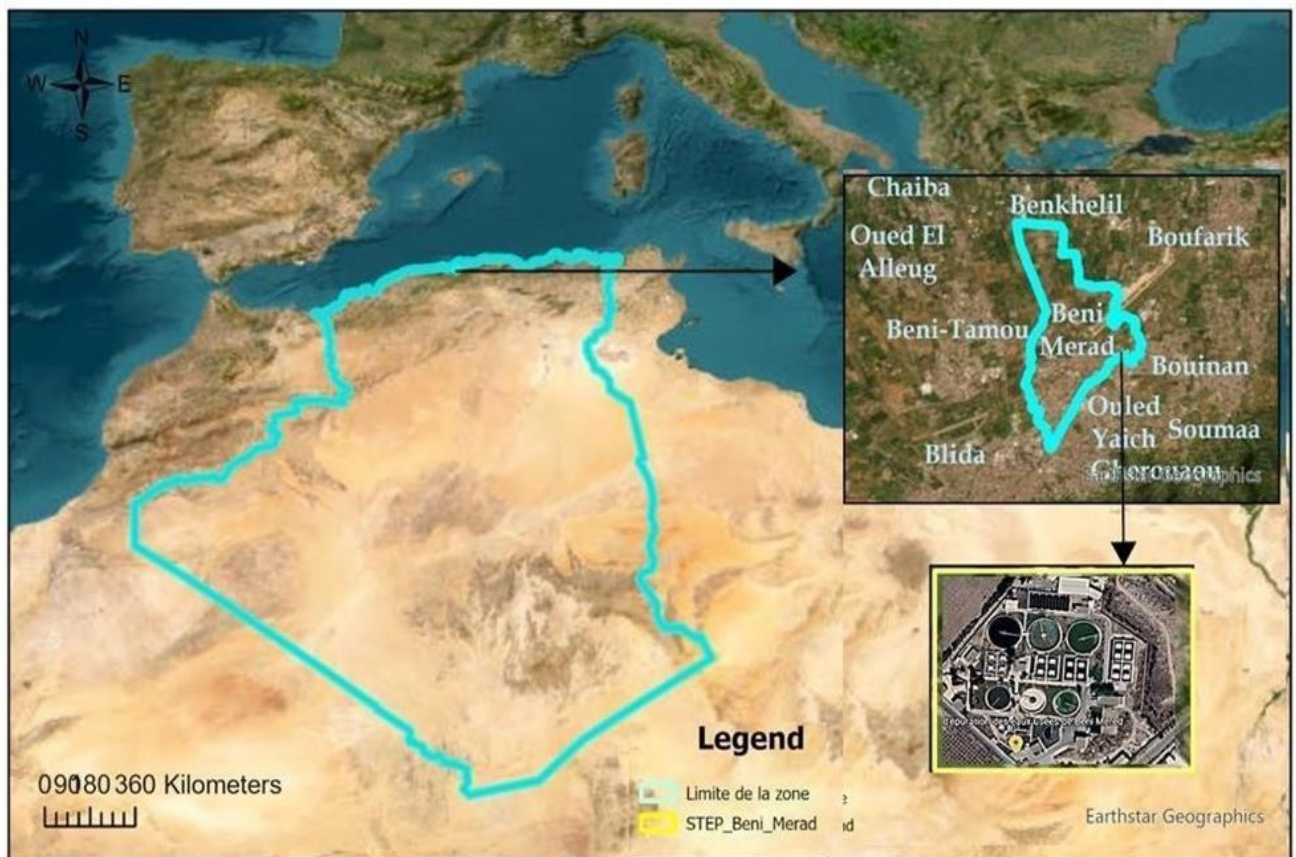


Figure N°01 : Localisation de la STEP

2 Données de base

2.1 Charges hydrauliques :

La station d'épuration a été conçue pour traiter une capacité totale de 383 000 équivalents habitants, incluant une part d'effluents industriels correspondant à 40 000 équivalents habitants

Tableau N°I : Données de base (Mazzouz, 2023)

Paramètres	Unité	Valeurs
Pollution domestique	Eq.H	343000
Pollution industrielles	Eq.H	40 000
Capacité de traitement	Eq.H	383 000
Moyen journalier	m ³ /j	51560

La chaine d'épuration se devise en deux parties :

- Une chaine pour le traitement des eaux.
- Une chaine pour le traitement des boues.

2 Les installations du step

La station d'épuration de Béni Mered est composée de deux filières de traitement, la filière eaux et la filière boues.

2.1 Description des ouvrages de traitement de la filière eaux

La station d'épuration de Béni Mered comprend les lignes de traitement des eaux suivantes :

2.2 Les stations de relevage :

Les stations de relevage ont pour fonction de transférer les eaux usées vers la station d'épuration lorsque celle-ci se situe à un niveau inférieur aux installations de dépollution, comme c'est le cas à la STEP de Beni Mered. Ce transfert est assuré par deux pompes submersibles.

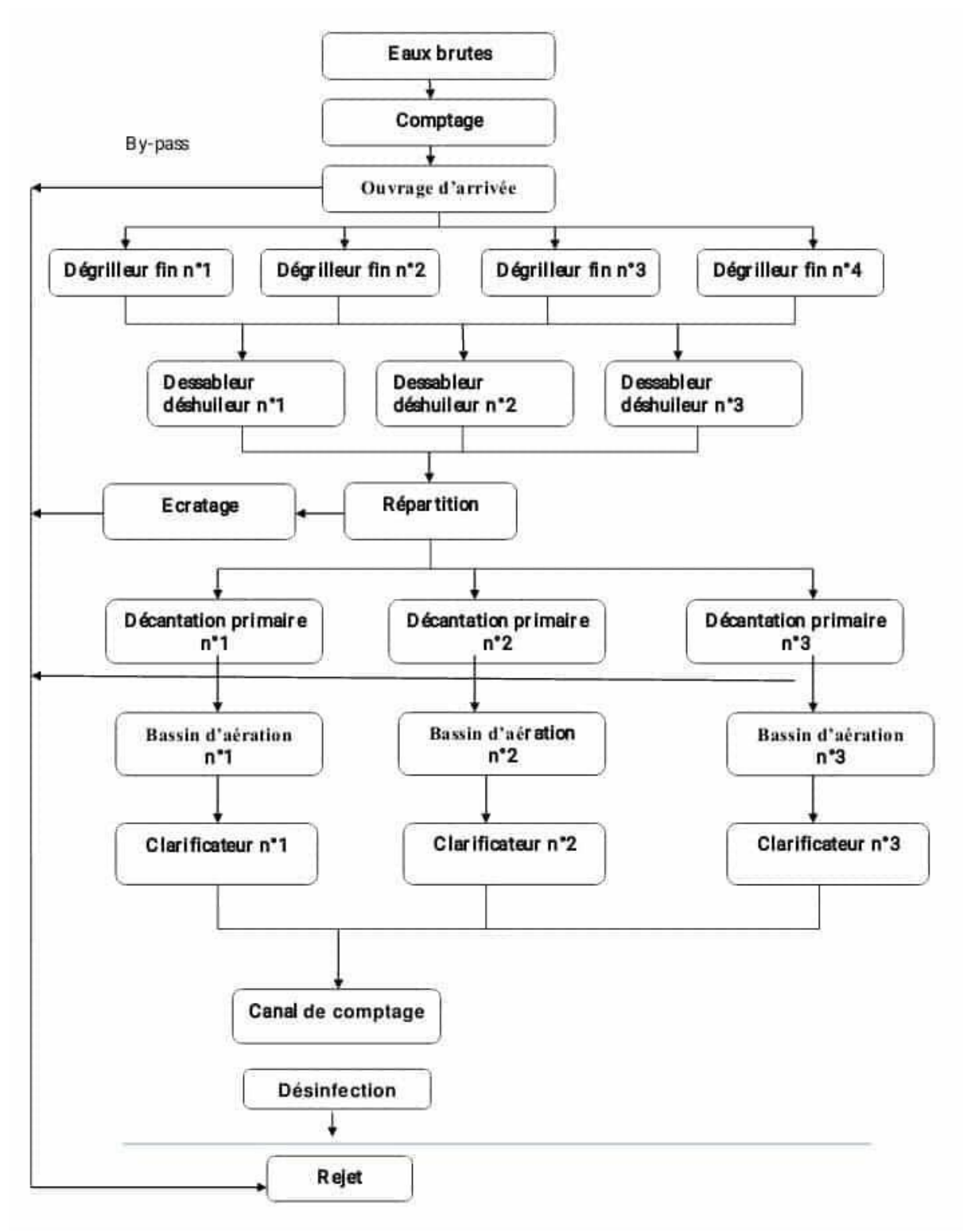


Figure N°02 : La chaîne de traitement des eaux

2.2.1 Poste de relevage N°18

Ce poste reçoit les eaux usées provenant de la station de relevage centrale ainsi que de la station de Bouarfa, afin de les acheminer vers la station d'épuration de Beni Mered.

2.2.2 Poste de relevage N°22

Ce poste reçoit les eaux usées envoyées par la station de relevage N°22 bis et les transfère vers la station d'épuration.

À chaque poste de relevage, les effluents sont dégrillés pour protéger les groupes de pompage des matériaux solides.

2.2.3 Ouvrage de réception

Les effluents arrivent à la station d'épuration via trois collecteurs : deux collecteurs provenant du poste de relevage N°18 et un collecteur du poste de relevage N°22. Cet ouvrage est équipé d'un déversoir by-pass général qui permet de gérer les excès d'effluents.

La mesure des débits des effluents by-passés est réalisée grâce à une sonde à ultrasons, qui mesure la hauteur d'eau sur une lame déversante, assurant ainsi un contrôle précis du flux.

3 Traitement des eaux :**3.1 Chaîne de traitement des eaux****3.2 Prétraitement :**

Généralement, les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers pour éviter le colmatage des modules par les matières en suspension (MES). Dans le prétraitement du step de beni mered, les effluents passent par deux opérations : -dégrillage (quatre lignes) dessablage-déshuilage (trois lignes) Les effluents sont collectés en amont de l'ouvrage de prétraitement, il reçoit un débit de pointe en temps de pluie (4800 m3/h).



Figure N°03 : Prétraitement (Mazzouz.2023)

3.2.1 Dégrillage :

Le step de beni mered est équipée de quatre dégrilleurs automatique fin, d'une largeur entre deux barreaux de la grille de 10 mm dont un en secours. (Figure 02)

3.2.2 Déshuilage et dessablage

La station d'épuration dispose de trois lignes de dessableurs-déshuileurs, capables de traiter jusqu'à 4800 m³/h,

Le dessablage protège les équipements de l'abrasion et évite les bouchages et l'ensablement des ouvrages. Le déshuilage facilite le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération. La flottation des graisses est obtenue par injection d'air comprimé, avec évacuation des graisses en surface via un racleur. Le sable accumulé au fond est aspiré par un système d'air-lift et transféré vers un canal de collecte grâce à des pompes à vide (Figure 5)



Figure N°04: Ligne de dessableur -déshuileur (Mazzouz.2023)

3.3 La chaine de traitement biologique de la station d'épuration de Beni Mered comprend :

- ✚ Décanteurs primaires
- ✚ Bassins d'aérations
- ✚ Décanteurs secondaires (clarificateurs) Boucle de recyclage des boues
- ✚

4 Traitement primaire

Avant le traitement biologique, la station d'épuration de Beni Mered utilise trois décanteurs primaires qui permettent une réduction significative des matières en suspension (55%), de la DCO (30%) et de la DBO5 (30%). (Figure 06)

Tableau n° II : Caractéristique dimensionnelles du décanteur primaire (Mazzouz, 2023)

Données	Unit é	Valeurs
Nombre d'ouvrage	/	03
Diamètre unitaire	m	33
Volume utile	m ³	2223
Volume total	1 m ³	6669
Hauteur d'eau en zone périphérique de l'ouvrage	m	2,6

4.1 Bassin d'aération

Le bassin d'aération représente l'élément central du processus de traitement des eaux usées, où se déroule l'épuration grâce à une communauté spécifique de micro-organismes. Cette population bactérienne, appelée biomasse ou boues activées, dégrade et assimile les polluants présents dans l'eau. Ce processus favorise la croissance bactérienne, assurant ainsi le renouvellement et le développement continus des bactéries.

4.2 Le bassin d'aération poursuit trois objectifs principaux :

- L'oxydation des matières carbonées ;
- L'oxydation et la réduction des composés azotés ;
- L'oxydation et la réduction du phosphore.

Pour atteindre ces objectifs, trois opérations essentielles sont mises en œuvre :

- L'aération du bassin ;
- La recirculation des boues activées ;
- L'extraction des boues en excès.

La station d'épuration de Béni Mered comprend trois bassins d'aération. L'oxygénation de chacun de ces bassins est assurée par quatre aérateurs de surface, chacun ayant une puissance nominale de 55 kW. La quantité maximale d'oxygène fournie par unité d'énergie consommée (apport spécifique brut) est de 1,6 kg d'O₂ par kWh. (Figure 07)



Figure N° 05 : Bassin d'aération

Tableau N°III: Caractéristique dimensionnelles du bassin d'aération (Mazzouz, 2023)

Données	Unité	Valeurs
Nombre d'ouvrage	U	03
Dimension unitaire	m *m * m	32 x 32 x 4, 65
Volume unitaire	m ³	4762
Volume total	m ³	14286
Nombre d'aérateur de surface par bassin	U	04
Puissance absorbé unitaire	Kw	51

4.3 Clarificateur (décantation secondaire) :

Cette étape est essentielle pour assurer une qualité d'effluent conforme aux normes algériennes et à l'OMS. La liqueur mixte issue du bassin d'aération est d'abord dégazée, puis acheminée par gravité vers le clarificateur secondaire via une conduite centrale.

Le clarificateur permet de séparer l'eau clarifiée des boues. La liqueur est introduite au centre, l'eau épurée déborde en périphérie, tandis que les boues décantées au fond sont aspirées par des tubes verticaux rotatifs qui couvrent toute la surface. Un système de raclage de surface récupère les flottants, qui sont dirigés gravitairement vers un poste dédié avant d'être pompés vers l'épaississement des boues (Figure 08).

Les boues aspirées sont envoyées dans un puits via une tuyauterie sous radier. L'eau clarifiée est récupérée par surverse et dirigée vers la désinfection et le comptage.

Les dimensions des décanteurs secondaires sont spécifiées selon les besoins du traitement.

4.4 Recirculation des boues secondaires :

La recirculation des boues issues des clarificateurs vise à maintenir une concentration optimale de biomasse dans les bassins d'aération. À la station d'épuration de Beni Mered, le taux de recyclage est fixé à 200 % du débit de pointe entrant, avec une recirculation directe dans le bassin d'aération.

5 Désinfection des effluents

La désinfection détruit les germes pathogènes présents dans l'eau traitée. À Beni Mered, elle est réalisée par injection d'eau de javel dans un bassin de contact de 2145 m³, équipé de chicanes assurant un temps de contact de 30 minutes au débit maximal. Les doses utilisées sont :

- 5 mg/L de produit actif en moyenne
- 10 mg/L lors des pointes

Le réactif est stocké dans deux cuves verticales de 20 m³ chacune (40 m³ au total) et injecté par deux pompes doseuses (une en secours) avec un débit de 50 à 250 L/h. L'eau de javel est un produit commercial classique, densité 1,22 kg/L, avec 13 % de chlore actif.

Tableau N°IV: Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles (Mazzouz, 2023)

Données	Unité	Valeurs
Nombre d'ouvrage	U	01
Volume	m ³	2145
Débit de pointe maximale	m ³ /h	3310
Temps de contact	min	39
Taux de chlore actif à injecter (mg Cl actif) en moyenne	mg/l	5
Concentration de l'eau de Javel à 13%	g/l	150
Consommation moyenne journalière hypochlorite de sodium	m ³ /j	3.44

6. Prélèvement et échantillonnage

Pour les prélèvements réalisés à la station de Beni Mered, deux méthodes sont employées :

a. **Le prélèvement automatique** consiste en un échantillonnage sur 24 heures, avec un prélèvement d'un volume défini d'eau usée chaque heure, à la fois à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration (step). (Figure 9)

b. **Le prélèvement manuel**

est effectué par le personnel du laboratoire à la sortie de chaque ouvrage. Le laboratoire de Beni Mered est un laboratoire physico-chimique à pour objectif contrôler la qualité des eaux et des boues ainsi suivre ses conformités par rapport aux normes algériennes durant toute les chaînes de traitement.

On divise deux ensembles de paramètres à analyser : Paramètres physico-chimiques et les paramètres de pollutions

c. **Protocole des analyses physico-chimiques :**

i. **Température :**

La température de l'eau joue un rôle majeur sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et la solubilité des gaz dans l'eau, elle est exprimée en $^{\circ}\text{C}$

ii. **pH :**

Le pH constitue l'une des principales caractéristiques de l'eau, indiquant son degré d'acidité. Il est déterminé par la concentration des ions hydronium (H_3O^+) ou des ions hydroxyde (OH^-) présents dans la solution (figure 13).

6.3.3 Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre clé de la qualité de l'eau, inversement lié à la pollution. Il est généralement mesuré en milligrammes d' O_2 par litre ($\text{mg O}_2 / \text{L}$) à l'aide d'un oxymètre. Sa concentration reflète la capacité du milieu aquatique à soutenir la vie et à dégrader les polluants biodégradables (Figure 14).

6.3.4 Conductivité :

La conductivité de l'eau traduit sa capacité à conduire un courant électrique, ce transport étant assuré par les ions dissous. Elle s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

(Figure 15)

6.3 Principe de mesure : Les mesures du pH, de l'oxygène dissous et de la conductivité sont réalisées respectivement avec un pH-mètre, un oxymètre et un conductimètre.

6.4 Mode opératoire :

- a. Vérifier les connexions électriques et l'état des électrodes.
- b. Prélever l'échantillon dans un bécher.
- c. Immerger rapidement les sondes calibrées dans l'échantillon et appuyer sur ' Mesurer'
Attendre la stabilisation des valeurs affichées, puis les enregistrer.
- d. Nettoyer soigneusement les sondes avec de l'eau distillée et les essuyer avec un papier propre.

6. paramètre de pollution

6.3 Matières en suspension MES

Définition Les MES (Matières en Suspension) correspondent à la concentration des éléments non dissous présents dans un échantillon d'eau usée. (Figure 16).

6.5 Principe

La mesure de MES s'effectue par filtration selon le principe de la double pesée. Un volume connu d'échantillon est filtré à travers un filtre en fibre de verre préalablement pesé à vide. Après filtration, le filtre contenant les résidus est séché puis pesé à nouveau. La différence de masse entre le filtre sec avant et après filtration, rapportée au volume d'échantillon filtré, permet de calculer la concentration de MES en mg/L .

6.6 Matériel et verrerie nécessaires

- a) Système de filtration sous vide
- b) Filtre en microfibre de verre (type Whatman)
- c) Coupelle en aluminium
- d) Attendre la stabilisation des valeurs affichées, puis les enregistrer.
- e) Nettoyer soigneusement les sondes avec de l'eau distillée et les essuyer avec un papier propre.

7 Paramètre de pollution

7.3 Matières en suspension MES

Définition : Les MES (Matières en Suspension) correspondent à la concentration des éléments non dissous présents dans un échantillon d'eau usée. (Figure 16)

7.4 Principe

La mesure de MES s'effectue par filtration selon le principe de la double pesée. Un volume connu d'échantillon est filtré à travers un filtre en fibre de verre préalablement pesé à vide. Après filtration, le filtre contenant les résidus est séché puis pesé à nouveau. La différence de masse entre le filtre sec avant et après filtration, rapportée au volume d'échantillon filtré, permet de calculer la concentration de MES en mg/L.

7.5 Matériel et verrerie nécessaires

- a) Système de filtration sous vide
- b) Filtre en microfibre de verre (type Whatman)
- c) Coupelle en aluminium
- d) Pince
- e) Dessiccateur
- f) Étuve réglée à 105 °C
- g) Éprouvette graduée

7.6 Procédure

- a. Rincer soigneusement les filtres à l'eau distillée, les sécher à l'étuve, puis les conserver dans un dessiccateur.
- b. Peser les filtres à vide et noter cette masse initiale (M0).
- c. Installer le filtre dans l'appareil de filtration, en plaçant le côté plissé vers le haut.
- d. Faire passer le volume d'échantillon à filtrer jusqu'à élimination complète de l'eau.
- e. Couper la pompe à vide, retirer le filtre à l'aide d'une pince, puis le transférer dans une coupelle en aluminium.
- f. Sécher le filtre dans une étuve à 105 °C pendant au moins 8 heures, puis le laisser refroidir dans le dessiccateur.

- g. Peser le filtre avec le résidu sec et noter cette masse (M1).

6.3 La demande chimique en oxygène DCO

La DCO représente la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes pour éliminer la matière organique biodégradable et non biodégradable.

Principe :

La mesure de la DCO est réalisée par analyse spectrophotométrie qui consiste à utiliser un spectrophotomètre et un kit de test spécifique LCK 514 (Figure 17).

6.4 Mode opératoire reformulé

- a. Agiter soigneusement le contenu du kit afin d'obtenir une solution homogène.
- b. Prélever avec une pipette 2 ml d'échantillon (eaux brutes ou eaux épurées).
- c. Fermer hermétiquement la cuve et nettoyer soigneusement son extérieur.
- d. Agiter à nouveau le contenu du kit pour homogénéiser la solution.
- e. Placer la cuve dans un thermostat et chauffer pendant 2 heures à 148 °C.
- f. Retirer la cuve chaude et la mélanger 2 à 3 fois.
- g. Laisser refroidir la cuve à température ambiante.
- h. Nettoyer de nouveau l'extérieur de la cuve.
- i. Insérer la cuve dans le compartiment dédié du spectrophotomètre (Figure 19) et effectuer la mesure.

7.7 La demande biologique en oxygène (DBO5) :

La DBO5 correspond à la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique biodégradable présente dans un échantillon d'eau. Cette mesure est réalisée après une incubation de cinq jours à 20 °C, température optimale pour l'activité microbienne, et dans l'obscurité afin d'éviter toute photosynthèse pouvant fausser les résultats. La DBO5 est déterminée à l'aide d'un DBO mètre (figure 18), un appareil spécifique pour cette analyse.

7.8 Principe de la mesure de la DBO5

La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO5) est déterminée en incubant l'échantillon pendant cinq jours à une température constante de 20°C, condition optimale pour l'activité des micro-organismes qui consomment l'oxygène. L'incubation se fait à l'obscurité afin d'empêcher toute photosynthèse qui pourrait fausser les résultats.

Le volume de l'échantillon utilisé pour la mesure est ajusté en fonction de la demande chimique en oxygène (DCO) selon la relation suivante :

$$\text{DBO5} = \frac{1}{2} \times \text{DCO}$$

Cette méthode permet de mesurer la DBO sur une plage allant de 0 à 4000 mg/L.

La DBO5 correspond à la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique biodégradable présente dans un échantillon d'eau. Cette mesure est réalisée après une incubation de cinq jours à 20 °C, température optimale pour l'activité microbienne, et dans l'obscurité afin d'éviter toute photosynthèse pouvant fausser les résultats. La DBO5 est déterminée à l'aide d'un DBO mètre (Figure 18).

Tableau N°V: Tableau de choix du volume d'échantillon (Mazzouz, 2023)

Plage de mesure DBO en mg/l	Volume d'échantillon en ml	Dosage de l'inhibiteur de nitrification ATH
0-40	428	10 gouttes
0-80	360	10gouttes
0-200	244	5gouttes
0-400	157	5gouttes
0-800	94	3gouttes
0-2000	56	3gouttes

7.8.4 Mode opératoire :

7.8.4.1 Bien mélanger l'échantillon d'eaux usées

7.8.4.2 Mesure avec précision la quantité d'échantillon requise à l'aide d'une fiole jaugée

adaptée et un entonnoir verser dans le flacon d'échantillonnage

7.8.4.3 Ajouter l'inhibiteur de nitrification dans le flacon d'échantillonnage

7.8.4.4 Mettre un agitateur magnétique dans le flacon d'échantillonnage

7.8.4.5 Fermer le flacon à l'aide d'un bouchon en silicone

7.8.4.6 Ajouter le réacteur KOH dans le bouchon en silicone

7.8.4.7 Fermer le flacon et placer le dans appareil de mesure DBO₅ oxyton ou DBO mètre

7.9 L'azote total (NT)

La détermination de l'azote total est réalisée par micro-méthode à l'aide des tests en cuve HACH LCK 338 et 238.

7.10 Mode opératoire :

a. Préparation de l'échantillon :

b. Mélanger 0,5 ml d'échantillon avec 2 ml de solution A et du comprimé B dans un tube à réaction.

- c. Réaction thermique
- d. Fermer le tube et chauffer dans un thermostat à 120 °C pendant 30 minutes.
- e. Refroidissement et agitation
- f. Laisser refroidir le tube, puis bien agiter pour assurer l'homogénéité.
- g. Préparation du test
- h. Transférer 0,5 ml d'échantillon dans une cuvette et ajouter 0,2 ml de solution D.
- i. -Agitation et attente
- j. Fermer la cuvette, bien agiter et laisser reposer 15 minutes.
- k. Mesure
- l. Nettoyer la cuvette et la placer dans un DR 1900, en sélectionnant la méthode de mesure LCK/TNT

7.11 Phosphore total (PT)

La détermination de phosphore total P_T est effectuée par micro méthode par des tests cuve HACH LCK 350 et 348

7.11.4 Mode opératoire

7.11.4.1 - à l'aide des tests HACH LCK 350 et 348 :

7.11.4.2 - Initiation Retirer le bouchon de protection de la cuvette et l'ouvrir.

7.11.4.3 - Ajout de l'échantillon

7.11.4.4 - Ajouter 0,5 ml d'échantillon, puis refermer hermétiquement le bouchon.

7.11.4.5 - Mélange et chauffage

7.11.4.6 - Bien mélanger le mélange, puis chauffer dans un HT200S pendant 30 minutes à 120 °C ou 60 minutes à 100 °C.

7.11.4.7 - Refroidissement et remixage

7.11.4.8 - Laisser refroidir, puis agiter à nouveau après s'être assuré que le bouchon est bien fermé.

7.11.4.9 - Ajout du réactif :

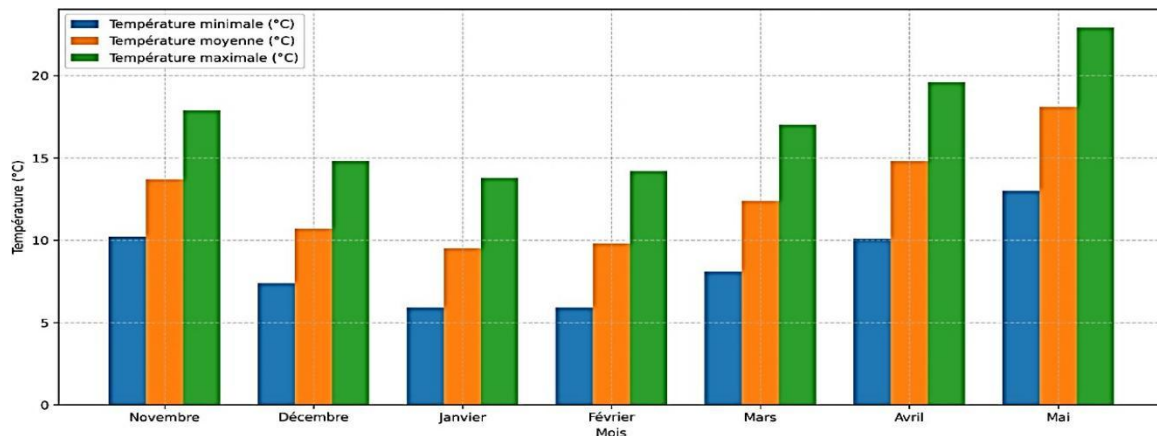
7.11.4.10 - Après refroidissement, ajouter 0,2 ml de réactif B, puis refermer le nouveau bouchon (DosiC).

Chapitre III

Résultats et Discussion

7.11.4.10.1 Analyse des données climatiques

7.11.4.10.1.1 Évolution des températures



Figure° 06 : Températures mensuelles (minimale, moyenne et maximale) à Blida (novembre à mai)

La température moyenne mensuelle varie de 9,5°C (janvier) à 18,1°C (mai), avec une amplitude journalière stable (~8–10°C) (figure 20) (Golzar et al., 2020). Cette évolution progressive influence l'activité biologique dans les bassins, les températures plus élevées favorisant généralement une meilleure dégradation de la matière organique (Golzar et al., 2020).

7.11.4.10.1.2 Régime des précipitations

Les précipitations varient entre 60 mm (mai) et 85 mm (janvier), avec une moyenne de 74,6 mm/mois. Les mois les plus pluvieux (novembre–janvier) peuvent entraîner une dilution des polluants ou une surcharge hydraulique, (Figure 21) tandis que les épisodes printaniers (mars–mai) génèrent des pics de MES dus au lessivage intense (Sharma et Patel, 2021).

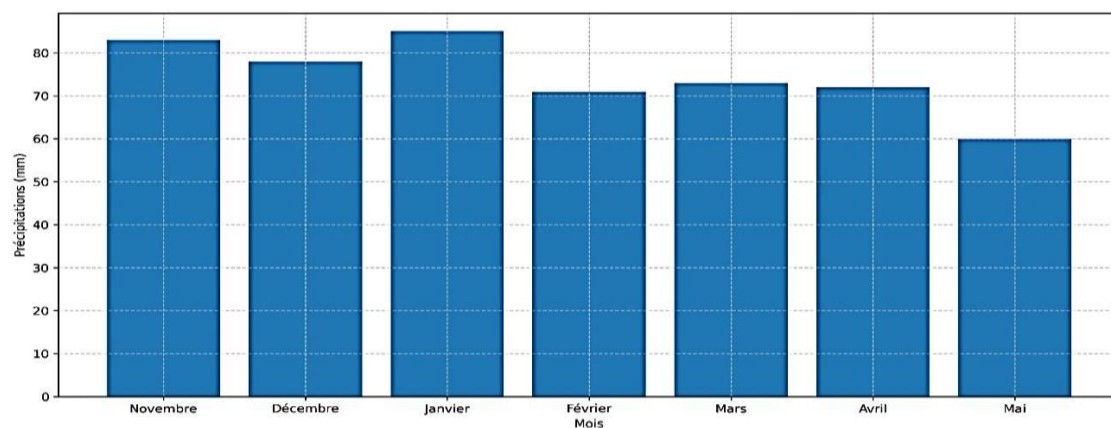


Figure N° 07: Précipitations mensuelles à Blida (novembre 2024 à mai 2025)

7.11.4.10.1.3 Diagramme ombrothermique

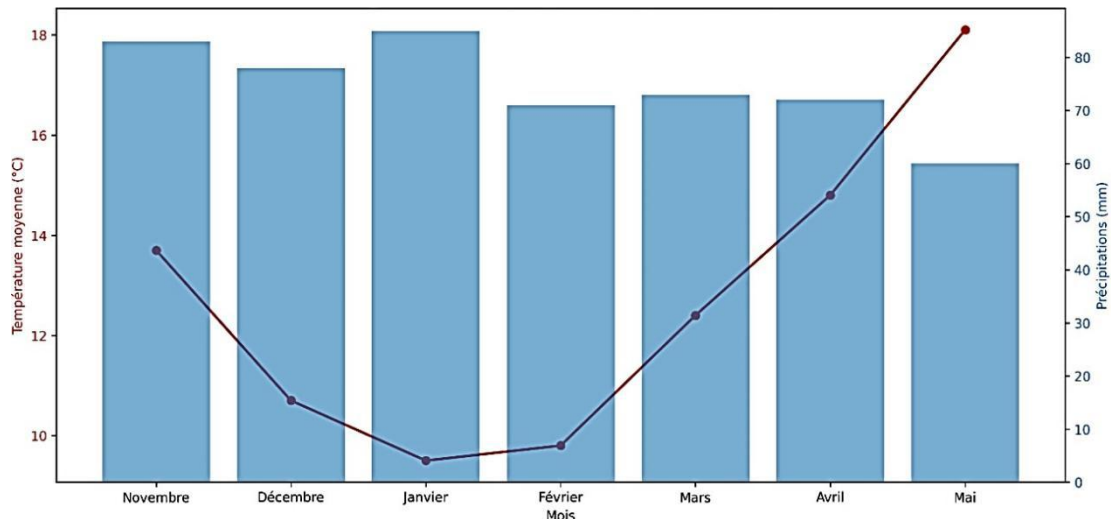
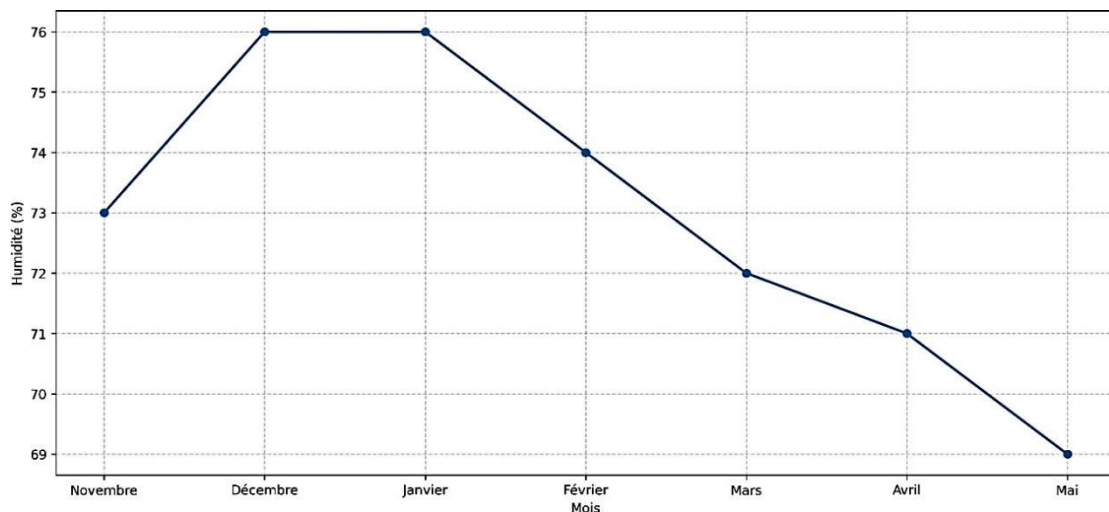


Figure N°08: Diagramme ombrothermique de Blida (novembre à mai)

Le diagramme confirme le climat méditerranéen humide en hiver et sec au printemps. Aucun mois ne présente de sécheresse climatique stricte pendant la période étudiée (Figure 22), ce qui favorise une bonne disponibilité en eau mais peut accentuer les charges polluantes en hiver.

7.11.4.10.1.4 Humidité relative



Figure° 09 : Humidité relative mensuelle à Blida (novembre à mai)

L'humidité relative varie de 69% (mai) à 76% (décembre-janvier) (figure 23), influençant indirectement les processus d'évaporation et les échanges gazeux dans les bassins (Zhou et al., 2022).

2 Analyse des paramètres physico-chimiques

2.1 Évolution des matières en suspension (MES)

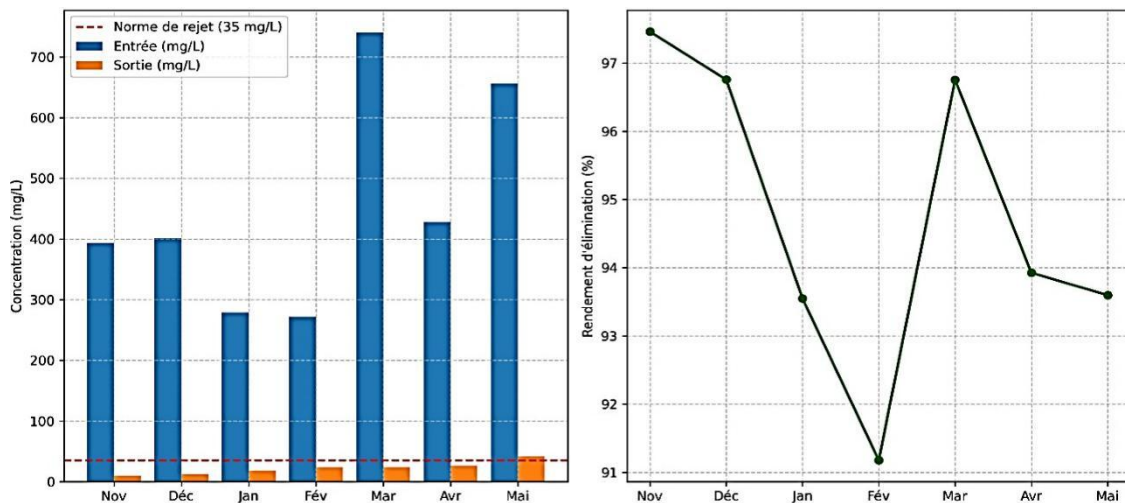


Figure N°10 : Évolution des concentrations en MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration et rendements d'élimination correspondants

Les concentrations en MES à l'entrée varient entre 272 mg/L (février) et 740 mg/L (mars), avec une moyenne de 453 mg/L. Ces fluctuations s'expliquent par les variations saisonnières dans les activités domestiques et industrielles ainsi que les précipitations qui influencent le lessivage urbain (Alisawi, 2020) (Figure 24). À la sortie, les valeurs varient entre 10 mg/L (novembre) et 42 mg/L (mai), soit une moyenne de 22 mg/L, inférieures à la norme algérienne (≤ 35 mg/L) sauf en mai (dépassement léger).

Les rendements d'élimination sont élevés, variant entre 91,2% (mai) et 97,5% (novembre), avec une moyenne de 94,8%, ce qui correspond aux performances attendues pour les procédés à boues activées (Golzar et al., 2020). Une légère diminution est observée en fin de période, probablement due à l'augmentation de la charge entrante (Golzar et al., 2020).

2.2 Évolution de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ à l'entrée varie entre 200 mg/L (janvier) et 473 mg/L (avril), avec une moyenne de 302 mg/L. En sortie, elle se situe entre 13 mg/L (novembre) et 29 mg/L (février), soit une moyenne de 19 mg/L, bien en dessous de la limite algérienne (≤ 35 mg/L).

Les rendements d'élimination oscillent entre 88,8% (février) et 96,2% (avril), avec une moyenne de 93,8%, conformément aux attentes pour les boues activées (Zhang et al., 2018). (Figure 25)

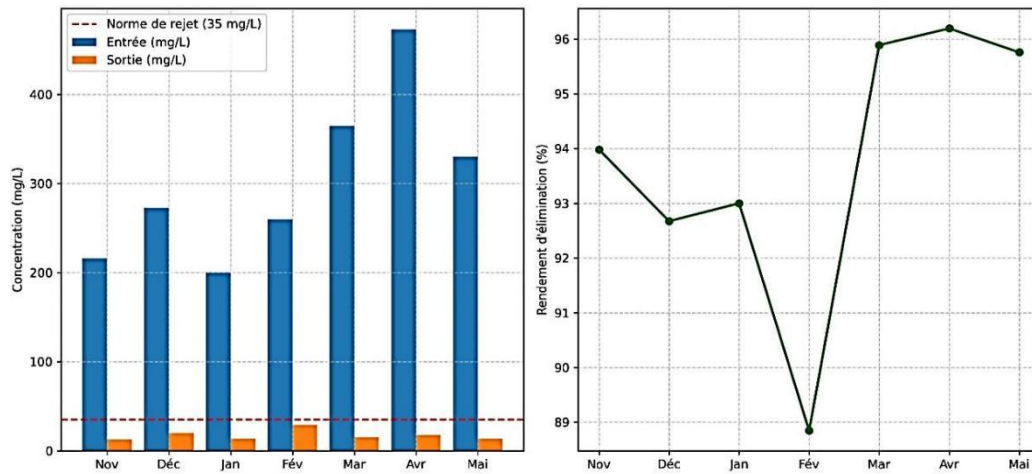


Figure N°11: Évolution des concentrations en DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration et rendements d'élimination correspondants

Contrairement aux MES, aucune tendance temporelle claire n'a été détectée, ce qui suggère une influence variable de la nature de la matière organique ou des conditions opérationnelles (Zhang et al., 2018).

2.3 Évolution de la demande chimique en oxygène (DCO)

À l'entrée, la DCO varie entre 675 mg/L (janvier) et 990 mg/L (décembre), avec une moyenne de 822 mg/L. Le ratio DCO/DBO₅ moyen est de 2,9, indiquant une biodégradabilité modérée, typique d'eaux usées mixtes (domestiques-industrielles). À la sortie, (figure26) la DCO varie entre 57 mg/L (novembre) et 107 mg/L (février), avec une moyenne de 79 mg/L, respectant la norme algérienne (≤ 120 mg/L).

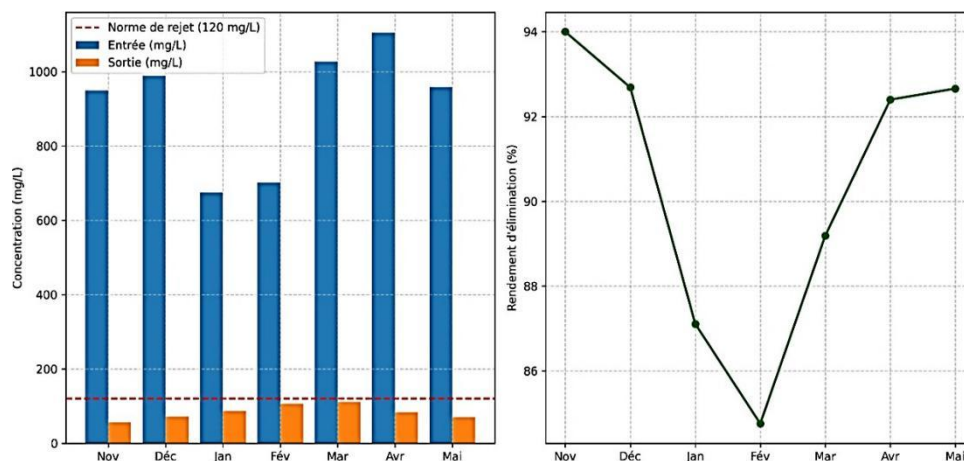


Figure N°12 : Évolution des concentrations en DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration et rendements d'élimination correspondants

Les rendements d'élimination varient entre 84,8% (février) et 94,0% (avril), avec une moyenne de 90,4%, (figure 27) supérieurs aux valeurs typiques pour les boues activées (Wang et al., 2019). Comme pour la DBO_5 , aucun schéma temporel clair n'a été identifié, mais un rendement plus faible a été constaté en février, probablement lié aux conditions hivernales. (Wang et al., 2019)

2.4 Comparaison des rendements d'élimination

Les rendements moyens sont de :

- 94,8% pour les MES,
- 93,8% pour la DBO_5 ,
- 90,4% pour la DCO.

Cet ordre reflète les mécanismes d'élimination distincts : les MES sont éliminées par décantation et biosorption, la DBO_5 par dégradation biologique rapide, tandis que la DCO inclut des composés plus réfractaires (Li et al., 2021). La variabilité des rendements est plus marquée pour la DCO ($\sigma = 3,1\%$), ce qui souligne son hétérogénéité chimique (Li et al., 2021).

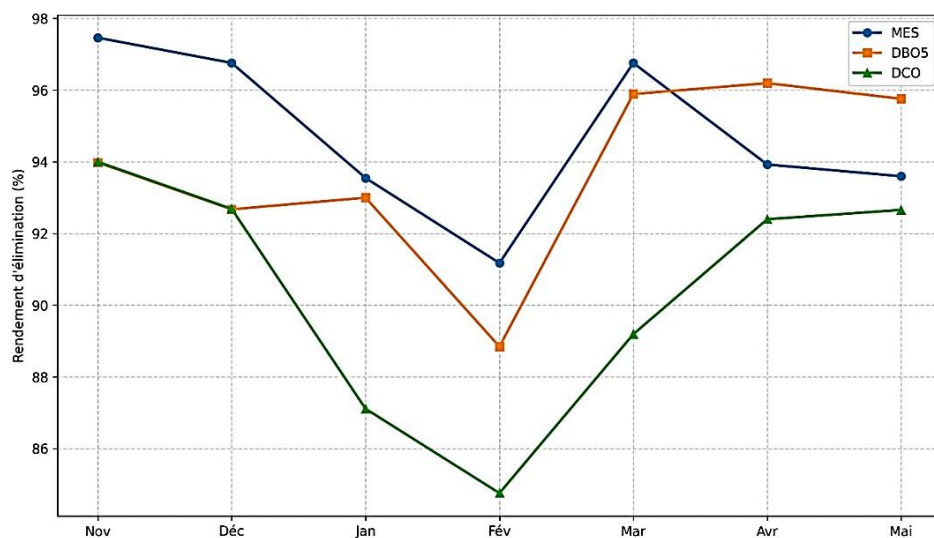


Figure N°13 : Comparaison des rendements d'élimination de MES, DBO_5 et DCO

2.5 Évolution des Nitrates (NO_3^-)

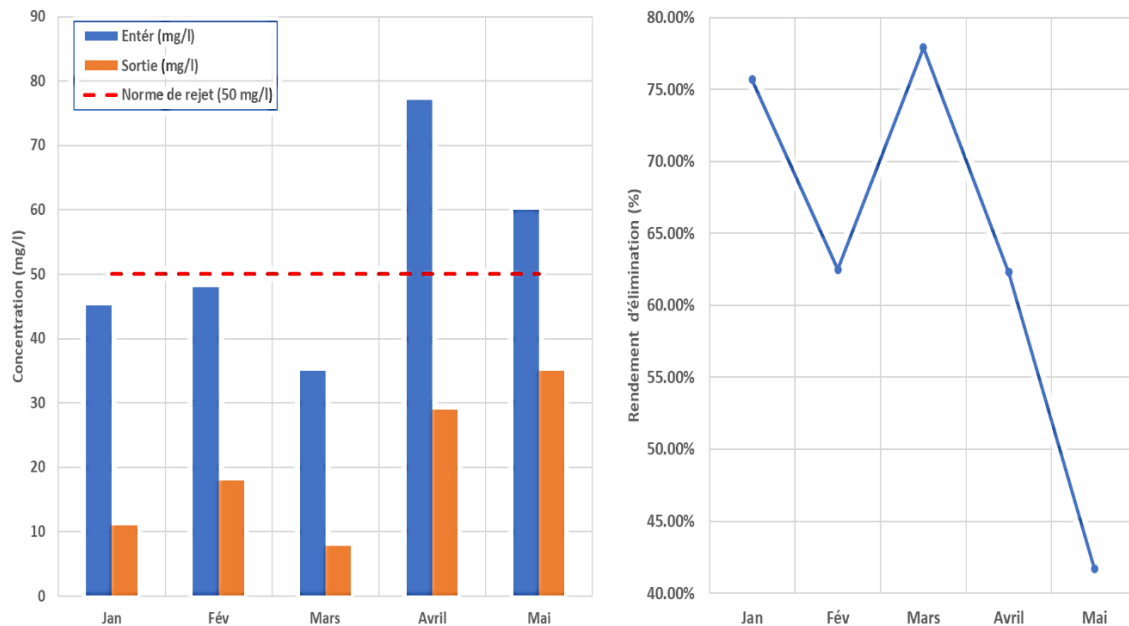


Figure N14 : Évolution de Nitrate à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

L'analyse des nitrates, réalisée sur les cinq derniers mois de la campagne (Janvier à Mai), montre des concentrations à l'entrée variant de 35,0 mg/L à 77,0 mg/L, avec une moyenne de $53,04 \pm 16,08$ mg/L (Figure 28). Ces niveaux peuvent fluctuer en fonction des rejets domestiques et des processus de nitrification en amont ou dans le réseau. En sortie, les concentrations varient de 7,74 mg/L à 35,0 mg/L, avec une moyenne de $20,15 \pm 11,63$ mg/L.

Le rendement d'élimination des nitrates (calculé comme l'abattement net, pouvant inclure dénitrification et assimilation) montre une variabilité notable, allant de 41,67 % à 77,89 %, avec une moyenne de $64,01 \pm 14,43$ %. Cette performance indique une capacité significative de la station à réduire la charge azotée, bien que l'efficacité fluctue, potentiellement en lien avec les conditions opérationnelles (zones anoxies, charge carbonée disponible pour la dénitrification) et la température.

2.6 Évolution des Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les concentrations en orthophosphates à l'entrée, mesurées de Janvier à Mai, varient entre 17,0 mg/L et 42,0 mg/L, avec une moyenne de $33,02 \pm 9,82$ mg/L (Figure 29). Ces valeurs sont influencées par les rejets domestiques (détergents) et potentiellement industriels. À la sortie, les concentrations sont réduites, allant de 4,0 mg/L à 18,0 mg/L, avec une moyenne de $11,46 \pm 5,24$ mg/L.

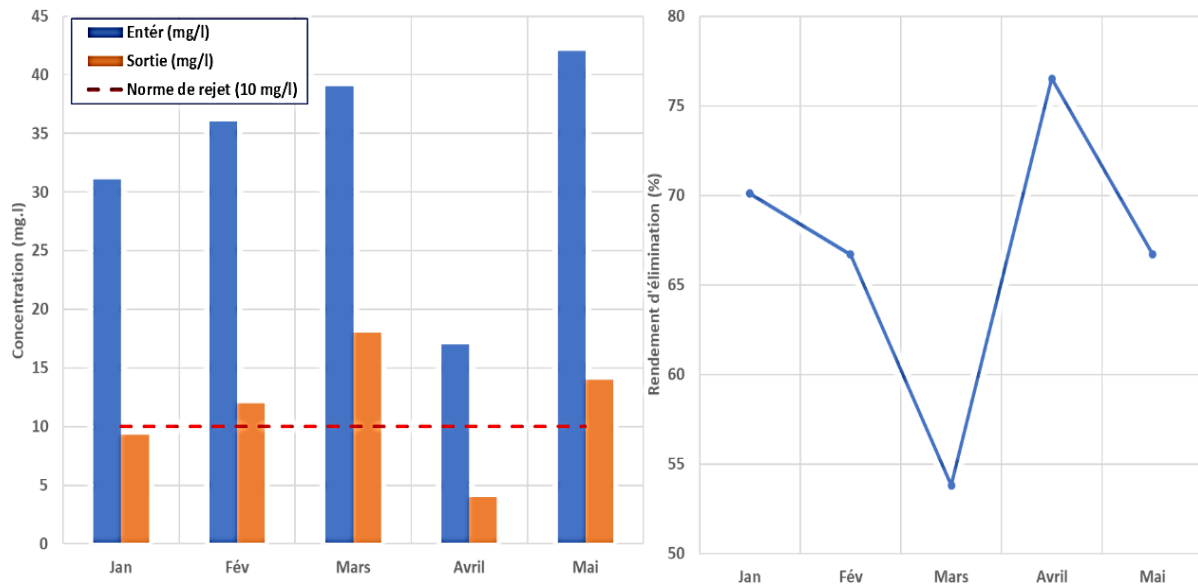


Figure N°15: Évolution de phosphate à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Le rendement d'élimination des orthophosphates varie de 53,85 % à 76,47 %, avec une moyenne de $66,75 \pm 8,25$ %. Comme pour les nitrates, cela démontre une capacité d'élimination appréciable mais variable. L'élimination du phosphore dans les stations à boues activées dépend de processus biologiques (accumulation par certaines bactéries) et/ou physico-chimiques (précipitation) qui peuvent être sensibles aux conditions opératoires et à la composition de l'eau brute (Guilbert et al., 2020).

2.7 Évolution des autres paramètres physico-chimiques

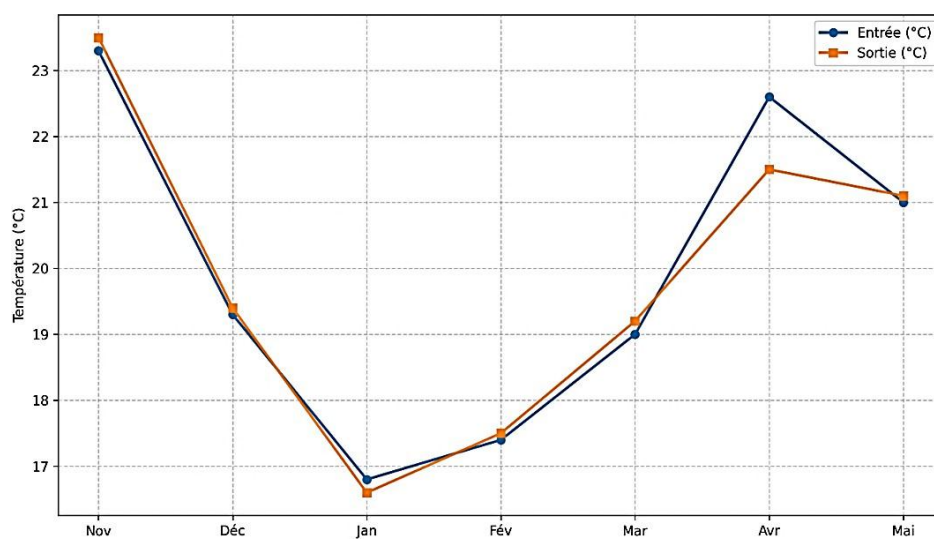


Figure N° 16: Évolution de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Température : Varie de 16,8°C (janvier) à 23,3°C (novembre) à l'entrée, sans changement significatif après traitement (Figure 30).

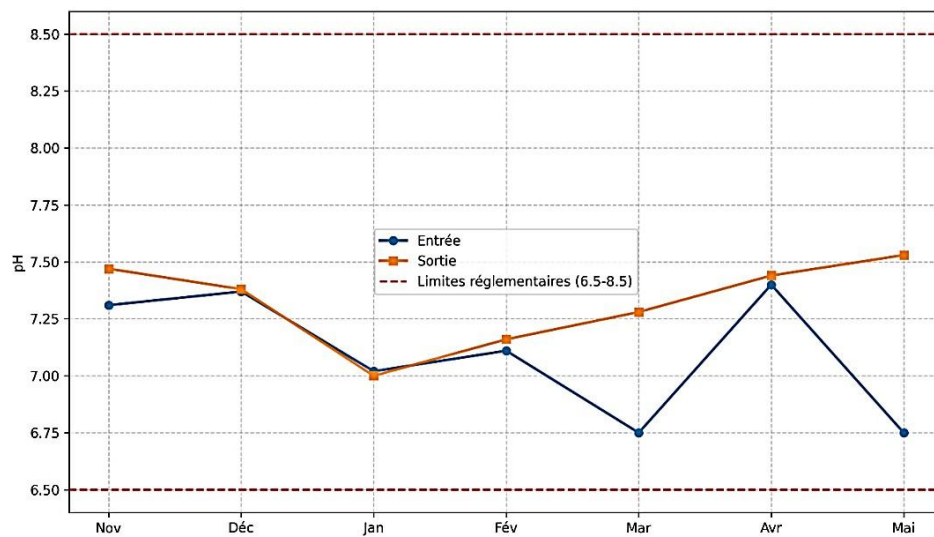


Figure N° 17 : Évolution du pH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

pH : Stabilisé autour de 7,19 à l'entrée et 7,28 à la sortie, (figure 31) favorables au fonctionnement biologique (Kumar et Singh, 2020).

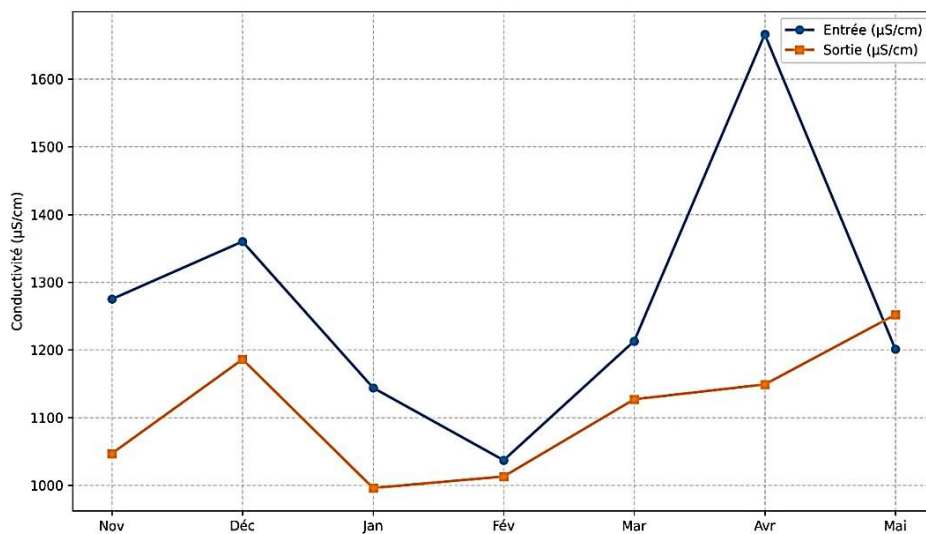


Figure N° 18: Évolution de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Conductivité électrique : Diminue en moyenne de 1285 µS/cm à l'entrée à 1124 µS/cm à la sortie (réduction de 12,5%), (figure 32) sauf en mai (+4,5%).

Oxygène dissous : Augmente fortement de 1,07 mg/L à l'entrée à 4,83 mg/L à la sortie (figure 33) résultat de l'aération intensive (Yang et al., 2019).

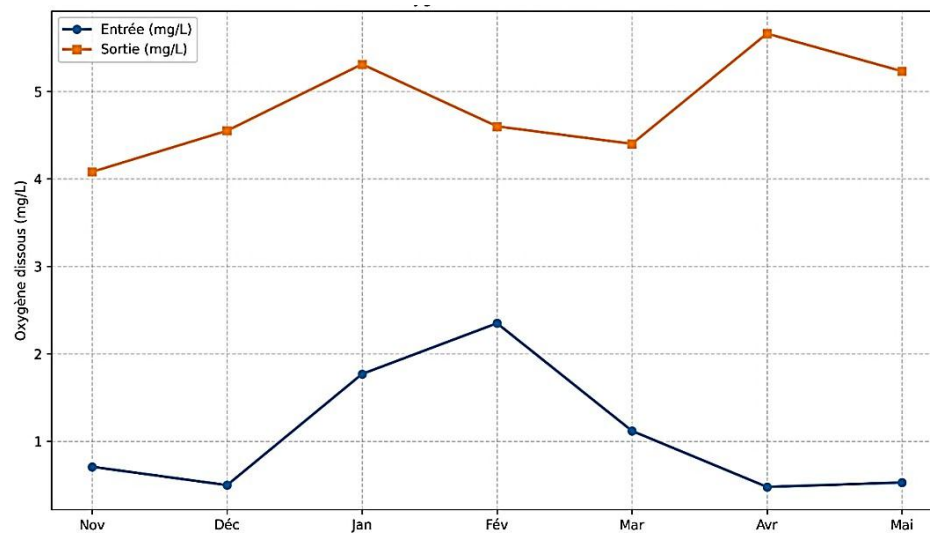


Figure N°19: Évolution de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

3. Relations entre paramètres climatiques et performances épuratoires

a. Influence de la température sur les rendements d'élimination

La température exerce une influence positive modérée sur l'élimination de la DBO_5 ($r = 0,42$) et de la DCO ($r = 0,38$), confirmant son rôle dans la régulation de l'activité microbienne (Alisawi, 2020). En revanche, (figure 34) l'élimination de MES est moins affectée ($r = 0,12$), reflétant la dominance des mécanismes physiques (Alisawi, 2020).

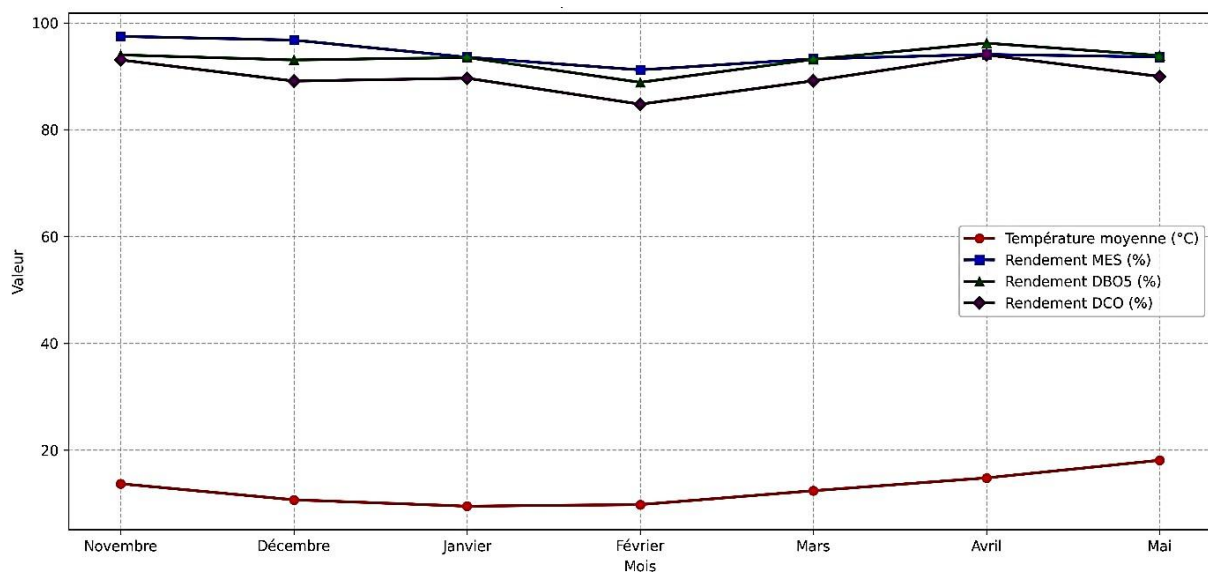


Figure N°20 Relation entre température moyenne mensuelle et rendements d'élimination des MES, DBO5 et DCO

3.2 Relation entre précipitations et charge en MES

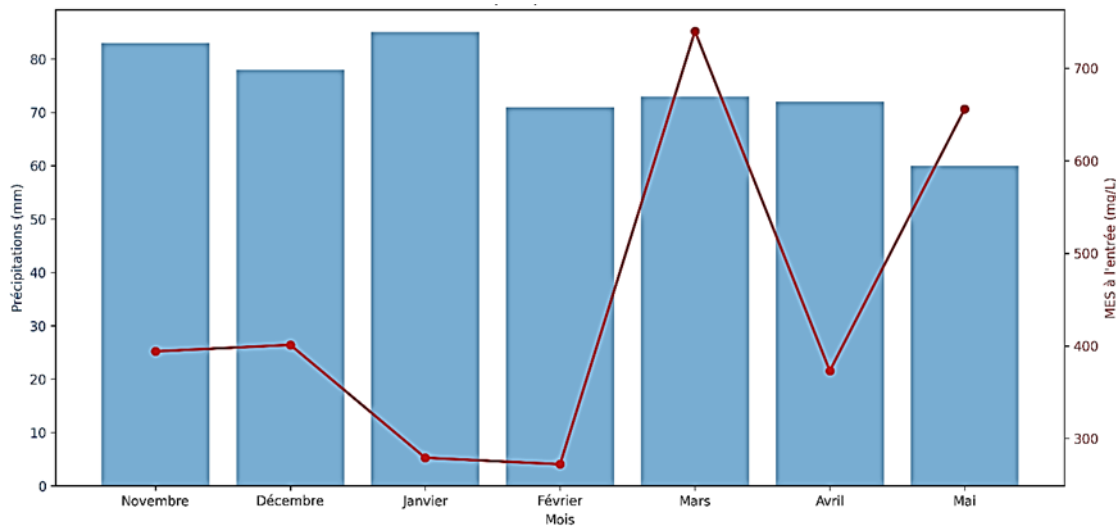


Figure N°21: Relation entre précipitations mensuelles et concentrations en MES à l'entrée de la station

Bien que les mois les plus pluvieux (janvier–décembre) présentent des concentrations en MES relativement basses (effet de dilution), les pics (mars et mai)(figure 35) correspondent à des épisodes pluvieux intenses, causant un lessivage efficace des surfaces urbaines (Sharma et Patel, 2021).

b. Synthèse des interactions climat-performances

Température : Influence modérée sur la performance biologique ; pas de baisse critique malgré des températures hivernales.

Précipitations : Impact complexe, dépendant de leur intensité et distribution.

Périodes critiques : Mois froids (février) et transitions saisonnières (mars–mai) nécessitent une gestion adaptée.

4. Discussion et implications pour la gestion des stations d'épuration Tableau N° VI :

Résumé des paramètres physico-chimiques

Para mètr e	Moyenne (E)	N or m e J O R A (E)	Moyenn e (S)	Nor me JO RA (S)	Conformité (S)
MES (mg/ L)	452.86 ±169.63	≤ 500	22.43±10. 72	≤ 30	☐ (22.43 < 30)
DBO 5 (mg/ L)	302.43 ±91.62	≤ 300	17.57± 5.50	≤ 30	☐ (17.57 < 30)
DCO (mg/ L)	901.14 ±165.62	≤ 100 0	84.11±18. 70	≤ 125	☐ (84.11 < 125)
Nitra te (mg/ L)	53.04 ±16.08	-	20.15 ± 11.63	50	☐ Conforme
Phos phat e (mg/ L)	33,02 ± 9.82	-	11.46 ± 5.24	10	☐ Non- conforme
T (°C)	19.91 ± 2.40	-	19.83 ± 2.30	-	-
pH	7.10±0 .27	6. 5 - 8. 5	7.32± 0.21	6. 5 - 8.5	☐ (7.32 ∈ [6.5,8.5])

Chapitre III**Résultats et Discussion**

CON D (μ S/cm)	1271 $\pm$ 19 8.56	-	1103 .00 $\pm$ 86. 68	-	-
O2 (mg/L)	1.07 $\pm$ 0.74	-	4.83 $\pm$ 0.58	≥ 2	□ (4.83 > 2)

Les données analysées montrent une conformité globale aux normes algériennes de rejet (Décret 93-164), avec des valeurs de sortie inférieures aux seuils réglementaires pour les MES (22,43 mg/L vs 30 mg/L), la DBO5 (17,57 mg/L vs 30 mg/L) et la DCO (84,11 mg/L vs 90 mg/L), tout en maintenant un pH dans l'intervalle autorisé (7,32) et un taux d'oxygène dissous conforme (4,83 mg/L $\geq$ 2 mg/L), comme le confirment les rapports de l'ONA (2019) et les études locales (Bouhezila et al., 2020). Bien que les performances du traitement soient

satisfaisantes, la variabilité des charges en entrée, notamment pour les MES ($\pm 169,63$) et la DBO₅ (302,43 mg/L), reflète des problématiques typiques des systèmes d'assainissement algériens, souvent liées à la mixité des réseaux et aux rejets industriels (Djaffar et Kettab, 2018). Ces résultats, comparables à ceux d'autres STEP locales comme Baraki, soulignent l'efficacité du procédé, mais suggèrent également l'importance d'un suivi renforcé des pics de pollution et des paramètres comme la conductivité (1103 $\mu\text{S/cm}$), particulièrement dans les zones sensibles à la salinisation (Saadi et al., 2017).

Concernant les nutriments, les taux d'abattement moyens pour les nitrates (64,01 %) et les orthophosphates (66,75 %) sont notables mais indiquent une marge d'amélioration possible, les normes de rejet devenant de plus en plus strictes pour ces paramètres afin de lutter contre l'eutrophisation des milieux récepteurs (Bali, 2024). L'efficacité de l'élimination de l'azote et du phosphore dépend fortement des conditions opérationnelles spécifiques (aération, temps de séjour, recirculation des boues) et de la configuration de la station (présence de zones anoxies/anaérobies dédiées). La variabilité observée pourrait être liée à des fluctuations saisonnières ou opérationnelles non capturées en détail par les données disponibles. De plus, le ratio P/DBO₅ dans les eaux usées brutes peut influencer l'efficacité de l'élimination biologique du phosphore (Guilbert et al., 2020).

a. Robustesse du procédé face aux variations saisonnières

Malgré les variations climatiques, la station maintient des rendements stables :

- ❖ MES : $94,8\% \pm 2,2\%$
- ❖ DBO₅ : $93,8\% \pm 2,7\%$
- ❖ DCO : $90,4\% \pm 3,4\%$

Cette stabilité s'explique par une conception adaptée, des conditions climatiques modérées et une gestion dynamique des paramètres opératoires (Wang et al., 2019).

b. Implications pour l'optimisation du traitement

- Adaptation saisonnière : Ajuster le temps de séjour, l'aération et la gestion des boues selon la température.
- Périodes de pics en MES : Surveillance accrue et optimisation des décanteurs.
- Réutilisation potentielle : L'eau traitée répond aux critères pour l'irrigation agricole, notamment en termes de MES et DBO₅ (FAO, 2020).

c. Perspectives pour la réutilisation des eaux traitées

Qualité compatible : Conductivité moyenne (1124 $\mu\text{S}/\text{cm}$) acceptable pour l'irrigation de certaines cultures.

Besoins agricoles : Synchronisation favorable avec les périodes de rendement optimal (avril–mai).

Ressource alternative : Avec une capacité de 60 000 m^3/jour , cette eau pourrait irriguer jusqu'à 3 000 ha (APS, 2023).

5. Comparaison entre différentes stations

Tableau N°VII ; Comparaison des performances de la station de Blida avec celles de Baraki, Chenoua, Tunis et Casablanca (E : entrée, S : Sortie ; RM : Rendement moyenne

Paramètre	Blida (notre étude)	Chenoua (ONA 2019)	Baraki (Alissaoui, 2020)	Casablanca (FAO, 2020)	Tunis (FAO, 2020)
MES (mg/L)	E: 453 S: 22	E: 132–186 S: 10–16	E: 400–600 S: 20–30	E: 500 S: 30	E: 450 S: 25
DBO₅ (mg/L)	E: 302 S: 19	E: 160–174 S: 14–25	E: 250–350 S: 20–30	E: 300 S: 25	E: 280 S: 20
DCO (mg/L)	E: 822 S: 79	E: 242–294 S: 31–37	E: 700–900 S: 60–80	E: 800 S: 70	E: 750 S: 65
NO₃⁻ (mg/L)	E: 53 S: 20	Non disponible	E: 40–60 S: 15–25	E: 45–65 S: 20–30	E: 50–70 S: 25–35
PO₄³⁻ (mg/L)	E: 33 S: 11,5	Non disponible	E: 25–40 S: 10–20	E: 30–50 S: 15–25	E: 35–55 S: 20–30
RM MES (%)	94,8 %	~92–95%	~92–95%	~94%	~94%
RM DBO₅ (%)	93,8 %	~85–92%	~90–95%	~92%	~93%
RM DCO (%)	90,4 %	~85–90%	~88–92%	~91%	~91%

La station d'épuration de Blida démontre des performances globalement satisfaisantes dans l'élimination des principaux paramètres polluants (MES, DBO_5 , DCO), avec des rendements moyens respectifs de 94,8 %, 93,8 % et 90,4 %, conformes aux normes algériennes de rejet. Ces résultats sont comparables à ceux observés dans d'autres stations du Maghreb comme Chenoua, Baraki, Tunis et Casablanca, montrant une efficacité similaire ou

parfois supérieure grâce au procédé à boues activées. L'élimination des nutriments (nitrates et phosphates) est bonne (64 % pour NO_3^- et 66,7 % pour PO_4^{3-}), mais reste perfectible pour répondre à des exigences environnementales plus strictes. Malgré les variations climatiques saisonnières (température, précipitations), la station maintient une stabilité notable dans ses performances, grâce à une gestion adaptée des paramètres opérationnels.

Enfin, l'eau traitée présente une qualité compatible avec des usages agricoles, offrant ainsi des perspectives prometteuses pour la réutilisation en irrigation, particulièrement dans un contexte de pression croissante sur les ressources en eau.

Conclusion

Conclusion

Ce travail constitue une tentative scientifique d'évaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Beni Mourad (province de Blida) dans le traitement des eaux usées, sur la base de l'analyse d'un ensemble d'indicateurs physico-chimiques sur une période s'étendant de novembre à mai. Les résultats ont montré que la station a obtenu de bonnes performances en matière d'élimination des polluants organiques et solides, avec un taux d'élimination du MES atteignant environ 94,8 %, du DBO₅ atteignant environ 93,8 % et du DCO₅ atteignant 90,4 %. Ces pourcentages confirment l'efficacité du traitement biologique basé sur la technologie des boues activées. Les concentrations restantes dans les eaux traitées se situaient dans les limites admissibles selon les normes algériennes, avec une moyenne de 22 mg/L pour le MES, 19 mg/L pour le DBO₅ et 79 mg/L pour le DCO. Concernant les nutriments, l'étude a démontré la capacité de la station à réduire les concentrations de nitrates de 64 % et de phosphates de 67 %, ce qui reflète une performance moyenne perfectible, notamment en termes de réduction du risque d'eutrophisation du milieu récepteur. En revanche, les résultats ont révélé un équilibre relatif des variables physico-chimiques de base, avec un pH compris entre 7,1 et 7,8 et une température comprise entre 9,5 °C et 18,1 °C. La conductivité a été enregistrée à 1 700 µS/cm, ainsi que des niveaux acceptables d'oxygène dissous, indiquant des conditions environnementales stables au sein du système traité, malgré les variations climatiques saisonnières. Sur la base de ce qui précède, cette étude confirme l'efficacité de la station à répondre aux exigences de base du traitement des eaux usées, tout en soulignant la nécessité d'améliorer le traitement des nutriments en intégrant des étapes supplémentaires au système de traitement ou en améliorant les conditions d'exploitation des bassins d'aération. Elle recommande également de renforcer les programmes de surveillance périodique de la qualité de l'eau et d'étudier la faisabilité de la réutilisation de l'eau traitée à des fins non potables, notamment dans le contexte de stress hydrique croissant en Algérie

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Alisawi, H. (2020). Performance of wastewater treatment during variable temperature. *Applied Water Science*, 10.
2. APS. (2023). Réutilisation des eaux usées à Boufarik. Agence Presse Service.
3. Bali, M. (2024). Traitement des eaux usées [Cours]. HAL Open Science. <https://hal.science/hal-04838747/document>
4. Bensmain-Hamidi et Bouchelkia (2024) Étude sur la station d'Ain El Houtz. Analyse des performances et perspectives d'amélioration des stations d'épuration en Algérie. Rapport technique interne
5. Bouabdesselam, H. (2023). Membrane bioreactors for wastewater reuse in Algeria: Challenges and opportunities. *Environmental Technology Reviews*, 12(1), 1-15.
6. Boudjemaa, A., & Benyahia, F. (2021). *Gestion de la crise de l'eau en Algérie : défis et perspectives*. *Revue Algérienne d'Environnement*, 15(2), 45-60.
7. Bouhezila, F., Hacene, H., & Aichouni, M. (2020). Water quality assessment in Reghaia (North of Algeria) lake basin by using traditional approach and water quality indices. *Kuwait Journal of Science*, 47(4).
8. Bouzid, S., Boudissa, S., & Bouzid, S. (2022). Assessment of wastewater biological treatment efficiency and mapping of wwtps and ltps in Algeria.
9. Bouzid, S., Boudissa, S., & Bouzid, S. (2023). Wastewater treatment using quicklime at the Kaf Dukhan station, Algeria.
10. Cherif, M., Haddad, R., & Toumi, A. (2021). Évaluation des procédés de traitement des eaux usées dans les stations d'épuration algériennes. *Journal of Water Science and Technology*, 34(4), 233-248. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02789-4>
11. De Winter, M., & Kals, H. (1994). *Eco-design and pollution prevention: Strategies for sustainable industrial development*. *Environmental Management Journal*, 18(3), 345-359.
12. Djaffar, S., et Kettab, A. (2018). La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir ? *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 4(1).
13. Djerad, S., et Amrane, A. (2023). Optimisation des coûts opérationnels des stations d'épuration en Algérie. *Environmental Engineering Research*, 28(1), 12-25.
14. FAO. (2020). Water quality for agriculture (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29). Food and Agriculture Organization.

15. Gharibian, S., et Hazrati, H. (2022). Towards practical integration of MBR with electrochemical AOP: Improved biodegradability of real pharmaceutical wastewater and fouling mitigation. *Water research*, 218, 118478.
16. Golzar, F., Nilsson, D., & Martin, V. (2020). Forecasting Wastewater Temperature Based on Artificial Neural Network (ANN) Technique and Monte Carlo Sensitivity Analysis. *Sustainability*, 12 (16), 6386.
17. Guilbert, A., Béline, F., Gillot, S., Marjolet, C., Picard, F., Poullain, C., Milledge, R. R., et Dabert, P. (2020). *Phosphore des eaux usées: état des lieux et perspectives. HAL INRAE. <https://hal.inrae.fr/hal-02595715v1/document>
18. Hammadi, B., Seyd, H., & Bebb, A. (2019). Performance assessment of nitrogen pollution purification by phytodepuration: case of Temacine pilot station (Algeria). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-10.
19. He, J., Zhang, Z., Cui, F., Tan, X., Zheng, X., & Cheng, R. (2024). Global techno-economic analysis of MBR for hospital wastewater treatment. *The Science of the total environment*, 177172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177172>
20. Kadri, A., et al. (2022). Efficiency assessment of wastewater treatment plants in semi-arid regions: Case of Algeria. *Journal of Water Process Engineering*, 45, 102487.
21. Khan, N., Singh, S., López-Maldonado, E., Pavithra, N., Méndez-Herrera, P., López-López, J., Baig, U., Ramamurthy, P., Mubarak, N., Karri, R., & Aljundi, I. (2023). Emerging membrane technology and hybrid treatment systems for the removal of micropollutants from wastewater. *Desalination*.
22. Khelifi, L., Bensalem, R., et Ould Ahmed, M. (2020). Impact de la pollution des eaux usées sur la santé publique en Algérie. *Santé Publique et Environnement*, 18(3), 101-110.
23. Kumar, A., & Singh, R. (2020). Role of ph in wastewater treatment efficiency. *Journal of Environmental Management*, 264, 110503.
24. Li, Y., Zhang, Q., & Liu, H. (2021). Removal mechanisms of organic pollutants in activated sludge systems. *Water Research*, 192, 116845.
25. Mansouri, N., & Boukhalfa, C. (2019). Effets de la pollution des eaux usées sur les écosystèmes aquatiques en Algérie. *Ecologie et Environnement*, 12(1), 77-89.
26. Mazzouz M. (2023). Mémoire technique sur la station de beni merede. ONA, Blida, Algerie.
27. Ministère des Ressources en Eau. (2023). Rapport national sur l'assainissement en Algérie. Alger.

28. Office météorologique national
29. Organisation des Nations Unies (ONU). (2023). *Rapport mondial sur la gestion de l'eau 2023*. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2023>
30. Piel, E. (2019). *Historique et évolution des techniques de traitement des eaux usées*. Revue Internationale de l'Eau, 45(2), 112-130.
31. Ponnusami, B., Sinha, S., Ashokan, H., Paul, M., Hariharan, S., Arun, J., Gopinath, K., Le, Q., & Pugazhendhi, A. (2023). Advanced oxidation process (AOP) combined biological process for wastewater treatment: A review on advancements, feasibility and practicability of combined techniques. Environmental research, 116944. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116944>
32. Rashidi, J., Rhee, G., Kim, M., Nam, K., Heo, S., Yoo, C., et Karbassi, A. (2018). Life Cycle and Economic Assessments of Key Emerging Energy Efficient Wastewater Treatment Processes for Climate Change Adaptation. International Journal of Environmental Research, 12, 815-827. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0135-6>
33. Saadi, S., et al. (2017). *Salinisation des eaux côtières algériennes*. Actes du Séminaire National sur l'Eau, Tipaza.
34. Saidulu, D., Majumder, A., & Gupta, A. (2021). A systematic review of moving bed biofilm reactor, membrane bioreactor, and movg bed membrane bioreactor for wastewater treatment: Comparison of research trends, removal mechanisms, and performance. Journal of environmental chemical engineering, 9, 106112. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.106112>
35. Schmidheiny, S. (1992). *Changing course: A global business perspective on development and the environment*. MIT Press.
36. Sharma, S., & Patel, N. (2021). Impact of rainfall intensity on urban stormwater pollution. Urban Water Journal , 18(4), 275–285.
37. Smith, J., & Johnson, P. (2022). Advances in wastewater treatment technologies for sustainable water management. Water Research Reviews, 48(2), 150-168. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.117123>
38. These papers were sourced and synthesized using Consensus, an AI-powered search engine for research. Try it at <https://consensus.apps>
39. Ugwuanyi, E., Queen, Z., Nwokediegwu, S., Dada, M., Majemite, M., & Obaigbena, A. (2024). Review of emerging technologies for nutrient removal in wastewater treatment. World Journal of Advanced Research and Reviews.

40. UNEP. (2022). Sustainable wastewater treatment in arid climates. United Nations Environment Programme.
41. Wang, J., Li, X., & Zhao, Y. (2019). Seasonal variation in wastewater treatment plant performance. *Environmental Technology & Innovation*, 16, 100472.
42. WHO. (2023). Global progress on wastewater treatment. World Health Organization.
43. Yang, Z., Chen, L., & Sun, T. (2019). Dissolved oxygen dynamics in activated sludge processes. *Chemical Engineering Journal*, 361, 1212–1221.
44. Zhang, L., Wang, M., & Hu, J. (2018). Seasonal effects on BOD removal in municipal wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 268, 432–439.
45. Zhou, Y., Wu, C., & Lin, H. (2022). Meteorological impacts on wastewater treatment: A review. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129865.

Annexes



Figure N° 22 : Opération de prélèvement



Figure N°23: Processus de préparation de MES

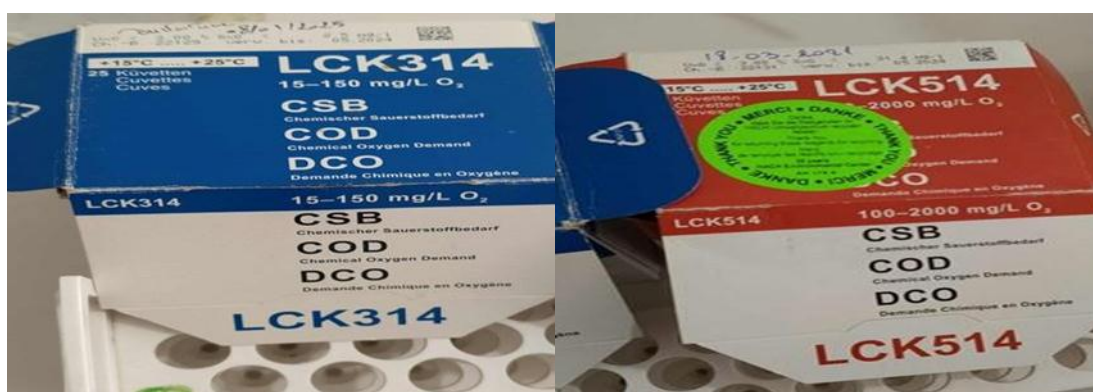


Figure N° 24 : Un kit de test spécifique LCK 514/31



Figure N°25 : Usine de déshydratation



Figure N°26 : Zone de stockage des boues déshydratées (Mazzouz, 2023)

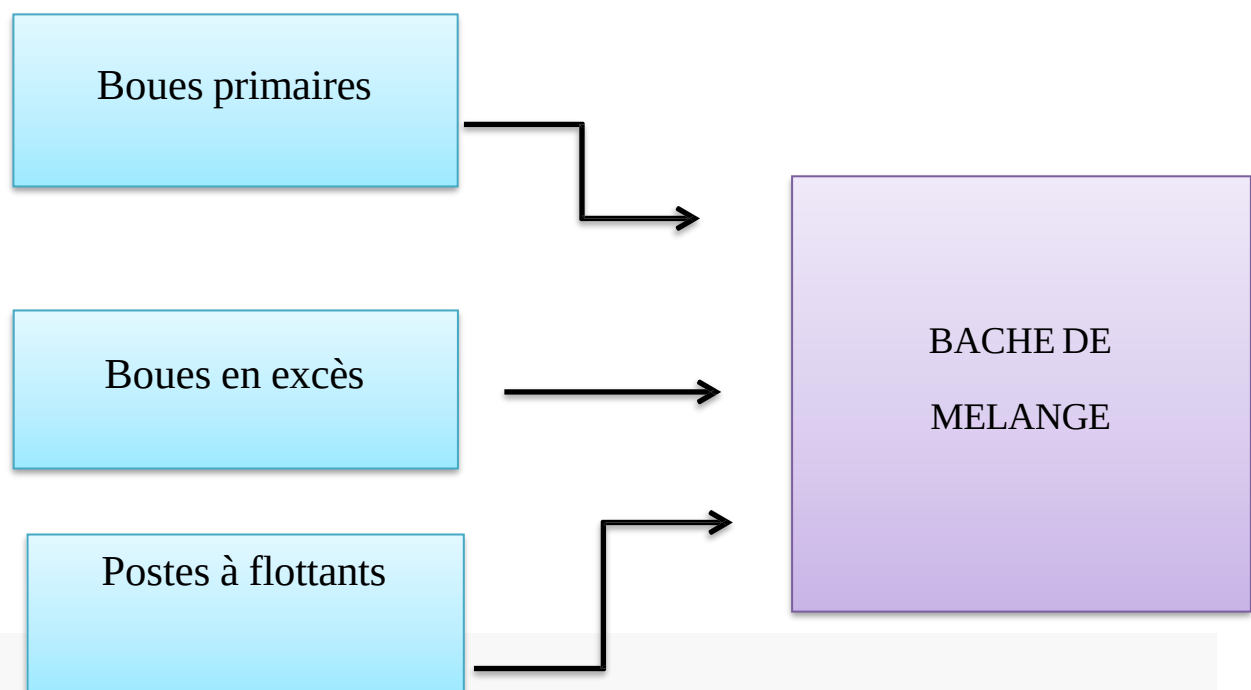


Figure N°27 : Schéma des types de Boues



Figure 28: pH mètre



Figure 29 : Oxymètre



Figure N°30 : Dégrilleur automatique fin



FigureN 31 : Conductimètre



Figure N 32 : DBO mètre



FigureN 33 : spectrophotomètre



Figure N°34 : Clarificateur



Figure N° 35 : Décanteur primaire

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université Saad Dahlab



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de biologie

Mémoire fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences de la nature et de la vie.

Filière : Hydrobiologie Marine et continentale

Spécialité : Ecosystème aquatique

Thème :

**Contribution à l'évaluation de l'efficacité des procédés de
traitement des eaux usées, ONA BLIDA.**

Présenté par :

M^{lle}. ADDAD Bouthaina

M^{lle}. BEL HADEF Aya Asmaa

Devant les membres du Jury :

M^{me}. EL MAHDI I.

MAB/USDB1

Présidente

D^r. BOULHAIA I.

MCB/USDB1

Examinatrice

D^r. BOURIACH M.

MCB/USDB1

Promoteur

Année universitaire 2024/2025