

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Génie Mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Génie des Procédés
Domaine : Sciences et de la Technologie
Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Procédés des matériaux
Thème

**Évaluation de l'impact des rejets de station d'épuration de la région De
Bouzedjar d'Ain Temouchent sur la qualité des eaux de surface : étude
physico-chimique et microbiologique.**

Présenté Par :

M^{elle} ACHIR Hadjar

Soutenues le 02/06/2025 devant le jury composé de :

Dr. RAMLAOUI Ahmed	MCA UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. CHAIBI Wahiba	MCA UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice
Dr. MANSOUR Meriem	MCB UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante

Année Universitaire 2024/2025

REMERCIEMENT

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de mes études.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **Samir BEN DAOUED**, Chef du Département des Ressources Humaines à l'Office National de l'Assainissement (ONA) d'Aïn Témouchent, pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage au sein de cet organisme.

Mes remerciements vont également au Monsieur **Mustapha GRINE**, chef de la station d'épuration de Bouzedjar, pour son accueil bienveillant et sa disponibilité tout au long de mon stage.

Je remercie très sincèrement Madame **Meriem MANSOUR**, Maître de conférences B à l'Université d'Aïn Témouchent, pour son accompagnement précieux lors de la rédaction de ce mémoire, son encadrement attentif et son soutien moral tout au long de ce travail de fin d'études.

Je remercie vivement Monsieur **Ahmed RAMLAOUI**, Maître de conférences A à l'Université d'Aïn Témouchent, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

Ma reconnaissance va aussi à Madame **Wahiba CHAIBI** Maître de conférences A à l'Université d'Aïn Témouchent ayant accepté d'examiner ce travail, pour l'intérêt qu'il lui porte.

Ma reconnaissance s'adresse également à Madame **Ikram LARBI CHERRAK**, Ingénieur d'exploitation à la STEP de Bouzedjar, pour son accueil chaleureux, sa disponibilité constante, ainsi que pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée sur le plan expérimental et les encouragements qu'elle m'a prodigués.

Je souhaite également remercier **Madame Wahiba**, ingénieure de laboratoire à la station d'épuration, pour son aide technique, son professionnalisme et son esprit d'équipe.

Mes remerciements vont enfin à **l'ensemble du personnel de la station d'épuration de Bouzedjar**, dont la liste est trop longue pour être exhaustive ici, mais dont le soutien et la collaboration ont été d'un grand apport durant cette expérience.

Enfin, je n'oublie pas toutes les personnes qui m'ont soutenue, de près ou de loin, tout au long de ma formation. À toutes et à tous, merci du fond du cœur.

Dédicace

Je dédie ce travail

À mes chers parents,

Mais aucune dédicace ne serait témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus grand respect, car je ne pourrais jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué par lesquels ils m'ont toujours entouré depuis mon enfance.

Merci d'être toujours là avec moi, merci pour tous vos efforts. Vous êtes la plus grande bénédiction que dieu m'ait donnée.

À mes frères Omar et Miloud

Pour ses soutiens moraux, puisse dieu vous donne sante, bonheur, courage et surtout réussite

À mon neveu Mohammed Djawad et ma nièce Roukaya

À mon chat (KATOUS) que j'aime beaucoup

À tout mes proches, mes amies Ines, Manel, Imane, Meriem, Sabrina, Imane, Fatoum

Pour leurs supports dans les moments difficiles et Pour les bons souvenirs qu'on a passés ensemble Durant le parcours de mes études.

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité

À tous ceux que j'aime et m'aiment.

À mes collègues de l'université

Je vous souhaite du succès et du bonheur dans votre vie

Enfin À moi-même, pour tous mes efforts que j' ai consacrés à ce travail, et mes défis pour réaliser mon rêve. je suis fière de moi

Et a vous chers lecteurs

Merci

Hadjar

Résumé

Ce mémoire porte sur l'évaluation de la performance de la station d'épuration de Bouzedjar, située dans la wilaya d'Aïn Témouchent en Algérie. Cette station, exploitée par l'Office National de l'Assainissement (ONA), traite les eaux usées domestiques à l'aide d'un procédé biologique à boues activées avant leur rejet dans le milieu naturel.

L'objectif principal de l'étude est de comparer les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des eaux à l'entrée et à la sortie de la station, afin d'évaluer l'efficacité du traitement. Pour cela, des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées en février 2025, suivies d'analyses en laboratoire sur les échantillons prélevés. Les paramètres étudiés comprennent le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la DCO, la DBO5, l'oxygène dissous, les matières en suspension (MES), les nutriments (azote total, nitrates, nitrites, phosphate) ainsi que le volume de décantation (V30).

Les résultats montrent une nette amélioration de la qualité de l'eau après traitement, notamment par la disparition des odeurs et l'obtention d'une eau visuellement claire. La charge organique a été fortement réduite, comme en témoignent la chute de la DBO5 de 80 à 10 mg/L et celle de la DCO de 192 à 36 mg/L. Une bonne oxygénation de l'eau (2 à 6 mg/l) et une diminution importante de MES (de 86 à 10 mg/L) ont également été observées. Les nutriments azotés et phosphorés ont été partiellement éliminés, réduisant ainsi les risques d'eutrophisation.

Toutefois, la conductivité électrique reste élevée après traitement (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ce qui indique une persistance des sels dissous et limite les possibilités de réutilisation de l'eau traitée sans traitement tertiaire supplémentaire. En conclusion, bien que la station montre de bonnes performances en traitement biologique, des améliorations restent nécessaires, notamment pour réduire les ions dissous si une réutilisation est envisagée dans les domaines agricoles ou environnementaux sensibles.

Mots-clés : station d'épuration, eaux usées, traitement biologique, analyses physico-chimiques, DBO5, DCO, conductivité, nitrification, phosphate, réutilisation.

ABSTRACT

This work focuses on evaluating the performance of the Bouzedjar wastewater treatment plant, located in the Aïn Témouchent province in Algeria. Operated by the National Sanitation Office (ONA), this station treats domestic wastewater using a biological process based on activated sludge, before discharging the treated water into the natural environment.

The main objective of this work is to compare the physico-chemical and organoleptic characteristics of the water at the inlet and outlet of the plant in order to assess the effectiveness of the treatment. For this purpose, sampling was carried out in February 2025, followed by laboratory analyses of the collected samples. The parameters studied include pH, electrical conductivity, turbidity, COD, DBO5, dissolved oxygen, suspended solids (SS), nutrients (total nitrogen, nitrates, nitrites, phosphate), and sedimentation volume (V30).

The results showed a clear improvement in water quality after treatment, particularly through the disappearance of unpleasant odors and the transparency of the water. The organic load was significantly reduced, with BOD5 dropping from 80 to 10 mg/l and DCO from 192 to 36 mg/l. Dissolved oxygen increased from 2 to 6 mg/l, and suspended solids decreased from 86 to 10 mg/l. Nutrients were partially removed, reducing the risk of eutrophication.

However, the electrical conductivity remained high after treatment (1500 μ S/cm), indicating the persistence of dissolved salts, which limits the potential for reuse without tertiary treatment. In conclusion, while the station shows good performance in primary and secondary treatment, improvements are still needed to reduce the concentration of dissolved salts, especially if the treated water is to be reused in agriculture or sensitive environments.

Keywords: wastewater treatment plant, wastewater, biological treatment, physico-chemical analysis, BOD5, DCO, conductivity, nitrification, phosphate, reuse.

ملخص

تركز هذه المذكرة على تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بوزجار، الواقعة في ولاية عين تموشنت في الجزائر. تقوم هذه المحطة، التي يديرها المكتب الوطني للصرف الصحي، بمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية باستخدام عملية الحمأة المنشطة بيولوجيًا قبل إطلاقها في البيئة الطبيعية. الهدف الرئيسي من الدراسة هو مقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للمياه عند مدخل ومخرج المحطة، من أجل تقييم فعالية المعالجة. ولتحقيق هذه الغاية، تم إجراء عملية أخذ العينات في فبراير/شباط 2025، تلاها إجراء تحاليل مخبرية على العينات المأخوذة. تتضمن التحاليل التي تمت دراستها الرقم الهيدروجيني، والتوصيل الكهربائي، والعمارة، والطلب البيوكيميائي للاكسجين، والطلب الكيميائي للاكسجين، والأكسجين المذاب، والمواد الصلبة المعلقة، والعناصر الغذائية (النيتروجين

الكلبي، والنترات، والنتريت، والفوسفات) بالإضافة إلى حجم الترسيب وتظهر النتائج تحسناً واضحاً في جودة المياه بعد المعالجة، خاصة من خلال اختفاء الروائح والحصول على مياه صافية بصرياً. تم تقليل الحمل العضوي بشكل كبير، كما يتضح من انخفاض الطلب البيوكيميائي للاكسجين من 80 إلى 10 ملغم/لتر وانخفاض الطلب الكيميائي للاكسجين من 192 إلى 36 ملغم/لتر. كما تم ملاحظة أكسجة جيدة للمياه (2 إلى 6 ملغم/لتر) وانخفاض كبير في المواد الصلبة العالقة (من 86 إلى 10 ملغم/لتر). تم إزالة العناصر الغذائية من النيتروجين والفوسفور جزئياً، مما يقلل من خطر التغذية الزائدة. ومع ذلك، تظل الموصلية الكهربائية عالية بعد المعالجة (1500 ميكروسيمنز/سم)، مما يشير إلى استمرار الأملاح المذابة ويحد من إمكانيات إعادة استخدام المياه المعالجة دون معالجة ثالثة إضافية. وفي الختام، وعلى الرغم من أن المصنع يظهر أداءً جيداً في المعالجة البيولوجية، فإن التحسينات تظل ضرورية، وخاصة لتقليل الأيونات المذابة إذا تم التخطيط لإعادة استخدامها في المناطق الزراعية أو البيئية الحساسة.

الكلمات المفتاحية: محطة التطهير، المياه المستعملة، المعالجة البيولوجية، التحاليل الفيزيائية والكيميائية، التوصيلية، النترجة، الفوسفات، DBO5, DCO، إعادة استخدام.

TABLES DES MATIERES

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abreviations	
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux et leur traitement par STEP	3
I-1 : Introduction.....	3
I-2 : Les eaux usées	3
I-2-1 : Définition.....	3
I-2-2 : Origine des eaux usées	3
I-2-2-1 : Domestiques	3
I-2-2-2 : Agricoles	4
I-2-2-3 : Industrielles	4
I-2-2-4 : Pluviales	4
I-3 : Pollution des eaux de surface.....	4
I-3-1 : Les types de pollution des eaux de surface	4
I-3-1-1 : Pollution physique.....	4
I-3-1-2 : Pollution chimique	5
I-3-1-3 : Pollution microbiologique :.....	5

I-4 : Présentation de station d'épuration.....	5
I-4-1 : La définition de station d'épuration	5
I-4-2 : Le rôle de station d'épuration.....	5
I-4-3 : Processus de traitement des eaux usées.....	8
I-4-3-1 : Prétraitement	8
I-4-3-2 : Traitements secondaires (traitements biologiques).....	9
I-4-3-3 : Traitements tertiaires :.....	9
I-4-3-4 : Traitement des boues.....	11
I-4-4 : Paramètres de pollution de l'eau	11
I-4-4-1 : Les paramètres physico-chimiques :	11
I-4-4-2 : Composition élémentaire	12
I-4-4-3 : Les paramètres globaux.....	13
I-5 : La réutilisation des eaux usées traitées	14
I-6 : Conclusion	14
Chapitre II : Méthodologie et protocole d'étude	15
II-1 : Introduction	15
II-2 : Présentation de l'office national de l'assainissement (ONA).....	15
II-3 : Présentation de station d'épuration de BOUZEDJAR	16
II-3-1 : Localisation géographique	16
II-3-2 : Les données de base	17
II-4 : Procédé d'épuration de STEP Bouzedjar	17
II-4-1 : Relevage.....	18
II-4-2 : Les prétraitements	19
II-4-2-1 : Dégrillage.....	19
II-4-2-2 : Dessableur-Déshuileur	19
II-4-3 : Traitement biologique	20
II-4-3-1 : Bassin de contact	20

II-4-3-2 : Traitement biologique par boues activées.....	21
II-4-3-3 : Mécanisme de traitement biologique par boues activées.....	22
II-4-4 : Clarification.....	23
II-4-5 : Mesure de débit	24
II-4-6 : Désinfection	25
II-4-7 : Extraction des boues	26
II-4-7-1 : la recirculation des boues.....	26
II-4-7-2 : Extraction des boues en excès	26
II-5 : Stratégie d'échantillonnage et analyses effectuées.....	28
II-5-1 : L'échantillonnage	28
II-5-2 : Matériels et méthodes d'analyses utilisés	29
II-5-2-1 : Observation de la couleur	30
II-5-2-2 : L'odeur.....	30
II-5-2-3 : Mesure de température.....	30
II-5-2-4 : Mesure de pH.....	31
II-5-2-5 : Mesure d'oxygène dissous.....	32
II-5-2-6 : Mesure de conductimètre électrique	32
II-5-2-7 : Mesure de turbidité	33
II-5-2-8 : Mesure de matières en suspension (MES).....	33
II-5-2-9 : Mesure de V30.....	35
II-5-2-10 : Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO).....	36
II-5-2-11 : Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO5).....	37
II-5-2-12 : Mesure De l'ammoniac (NH_4^+).....	38
II-5-2-13 : Mesure de nitrate (NO_3^-).....	39
II-5-2-14 : Mesure de nitrite (NO_2^-)	40
II-5-2-15 : Mesure de phosphates (PO_4^{3-})	41
II-6 : Conclusion.....	41

Chapitre III : Résultats et discussion	43
III-1 : Introduction	43
III-2 : Caractéristiques organoleptiques de l'eau	43
III-3 : Évolution des paramètres physico-chimiques	43
III-3-1 : Température, pH et Conductivité	43
III-3-2 : Comparaison avec d'autres types d'eau	44
III-3-3 : Matières en suspension et oxygène dissous	45
III-3-4 : DCO et DBO5 : évaluation de la pollution organique	45
III-3-5 : Azote total et phosphate	46
III-3-6 : Volume de décantation (V30)	46
III-4 : Récapitulatif des résultats d'analyse	47
III-5 : Statistique des Paramètres physico-chimique et biologique de l'eau brute et traité de la STEP dans différentes périodes saisonnières de l'année 2024	48
III-6 : Comparaison récapitulatif des Paramètres de DCO, DBO5 et MES de l'eau brute et traité de la STEP dans différentes périodes	52
III-6-1 : Interprétation des résultats de rendement	53
III-7 : Conclusion :	54
Conclusion générale	55
Référence bibliographique	57

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux et leur traitement par STEP

Figure I- 1 : l'azote dans l'eau.....	13
---------------------------------------	----

Chapitre II : Méthodologie et protocole d'étude

Figure II- 1: Logo de l'ONA	16
Figure II- 2 : Localisation géographique de STEP BOUZEDJAR.....	16
Figure II- 3 : Schéma simplifié de procédé d'épuration de STEP de Bouzedjar.....	18
Figure II- 4 : la chambre des vannes.....	19
Figure II- 5 : dégrilleur	19
Figure II- 6 : représente les images de (a) Dessableur et Déshuileur, (b) remorque mobile	20
Figure II- 7: Bassin de contact.....	21
Figure II- 8: Bassin d'aération	22
Figure II- 9 : Clarificateur	24
Figure II- 10 : débitmètre.....	25
Figure II- 11 : Bassin désinfection par la chaux	25
Figure II- 12 : Le silo à boues.....	26
Figure II- 13 : Filtre à bandes	27
Figure II- 14 : le lit de séchage et les boues après le séchage	28
Figure II- 15: Préleveur d'échantillon automatique	29
Figure II- 16 : eau d'entrée et eau de la sortie de STEP BOUZEDJAR.....	30
Figure II- 17 : Thermomètre	31
Figure II- 18 : <i>pHmètre</i>	31
Figure II- 19 : Oxymètre.....	32
Figure II- 20 : Conductimètre.....	33
Figure II- 21 : Turbidimètre.....	33

Figure II- 22 : filtration.....	35
Figure II- 23 : cône de sédimentation.....	35
Figure II- 24 : les réactifs, Spectrophotomètre, DCO-mètre	36
Figure II- 25 : Inhibiteur de nitrification, pastille de soude, Oxytop.....	38
Figure II- 26 : méthode de mesuré le NH_4^+	39
Figure II- 27 : le sachet de nitrate et la solution obtenue	40
Figure II- 28 : spectromètre et la solution obtenue.....	40
Figure II- 29 : la solution obtenue	41

Chapitre III : Résultats et discussion

Figure III- 1: Présente les rendements des trois paramètres à la qualité de traitement des eaux usées en des périodes différentes.....	53
--	----

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux et leur traitement par STEP

Tableau I- 1 : Capacités, qualité, traitements et références des STEP (Algérie, focus Ouest)	7
--	---

Chapitre II : Méthodologie et protocole d'étude

Tableau II- 1 : Caractéristiques techniques de conception	17
Tableau II- 2 : volume d'échantillon pour DBO5	37

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau III- 1: Température, pH et conductivité avant et après traitement	44
Tableau III- 2: Valeurs de la turbidité et de MES en entrée et sortie de la STEP	44
Tableau III- 3 : Teneur en oxygène dissous avant et après traitement	45
Tableau III- 4 : Évolution des concentrations en DCO et DBO5	45
Tableau III- 5 : Concentration des composés azotés et phosphatés en entrée et en sortie	46
Tableau III- 6 : Evolution des caractéristique organoleptique, physico-chimique et biologique de l'eau à l'entré et la sortie de STEP de Bouzedjar-Ain temouchent	47
Tableau III- 7 : pH (Potentiel hydrogène)	48
Tableau III- 8 : Conductivité électrique (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}$	48
Tableau III- 9 : MES (matière en suspension) en mg/l	49
Tableau III- 10 : DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) en mg/l	49
Tableau III- 11 : DCO (Demande Chimique en Oxygène) en mg/l	49
Tableau III- 12 : Turbidité en FTU	50
Tableau III- 13 : Oxygène dissous (O_2) en mg/l	50
Tableau III- 14 : Volume d'eau en m3	50
Tableau III- 15 : NH_4^+ (Ammonium) en mg/l	51
Tableau III- 16 : NO_2^- (Nitrites) en mg/l	51
Tableau III- 17 : NO_3^- (Nitrates) en mg/l	51

Tableau III- 18 : PO ₄ ³⁻ (Phosphates) en mg/l.....	52
Tableau III- 19 : Comparaison des rendements de traitement de la STEP dans les années 2024 et 2025	53

LISTE DES ABREVIATIONS

ONA :	office nationale de l'assainissement
STEP :	station d'épuration
V30 :	le volume de décantation pendant 30 minutes
DBO5 :	la demande biochimique d'oxygène
DCO :	la demande chimique d'oxygène
MES :	matières en suspension
MVS :	matières volatiles en suspension
MMS :	matières minérales en suspension
CE :	conductivité électrique
pH :	potentiel hydrogène
O₂ :	oxygène dissous
NO₃⁻ :	nitrate
NO₂⁻ :	nitrite
NH₄⁺ :	ammonium
N₂ :	diazote
PO₄³⁻ :	phosphate
NTU :	Nephelométric Turbidity Unit
FTU :	formazin turbidity unit
NaOH :	hydroxyde de sodium
EQH :	équivalent d'habitants
μS :	micro siemens
η :	rendement

Introduction générale

La problématique de la gestion des eaux usées est aujourd'hui au cœur des préoccupations environnementales, sanitaires et économiques. Avec la croissance démographique, l'urbanisation rapide et l'évolution des modes de consommation, les quantités d'eaux usées générées ne cessent d'augmenter, accentuant la pression sur les milieux aquatiques récepteurs [1]. Le rejet d'eaux usées non traitées ou insuffisamment épurées contribue à la pollution des ressources en eau, à la dégradation des écosystèmes aquatiques et à la propagation de maladies hydriques [2].

Dans ce contexte, le traitement efficace de ces eaux avant leur rejet ou leur réutilisation est devenu une exigence majeure pour préserver les ressources hydriques et protéger la santé publique. De plus, la valorisation des eaux usées traitées constitue aujourd'hui une alternative stratégique, en particulier dans les pays à climat aride ou semi-aride, où la ressource en eau douce est limitée [3].

En Algérie, la gestion des eaux usées est confiée principalement à l'**Office National de l'Assainissement (ONA)**, qui joue un rôle stratégique dans la mise en œuvre des politiques nationales de l'eau. À travers l'exploitation de plus de **200 stations d'épuration** réparties sur l'ensemble du territoire, l'ONA vise à assurer un assainissement durable et conforme aux normes environnementales. La capacité totale de traitement actuelle est estimée à environ **1,37 million de m³/jour**, avec un objectif ambitieux d'atteindre **1 milliard de m³/an d'ici 2032** [4]. Cette infrastructure constitue un pilier essentiel dans la stratégie nationale de lutte contre le stress hydrique, notamment à travers la réutilisation des eaux épurées dans les secteurs agricole, industriel et urbain [5].

Dans la région Ouest du pays, plusieurs stations importantes témoignent de l'engagement de l'État pour renforcer les capacités d'épuration. On peut citer, entre autres, la station **El Kerma** à Oran (270 000 m³/j), qui traite les eaux selon un procédé biologique à boues activées avec décantation secondaire, et dont une partie des effluents est réutilisée pour **l'irrigation de 6 700 hectares**. La station **Cap Falcon** (30 000 m³/j) participe également à cette dynamique, avec un traitement adapté aux usages agricoles dans la région d'Aïn El Türck. D'autres stations comme celles de **Skikda**, **Annaba**, ou encore **Bouzedjar** jouent un rôle complémentaire dans leurs zones respectives, avec des procédés adaptés aux débits et types de pollution locaux [6].

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail, en portant une attention particulière à la **station d'épuration de Bouzedjar**, située dans la wilaya côtière d'Aïn Témouchent. D'une capacité nominale de **2 280 m³/j**, cette station à vocation domestique assure un traitement secondaire par **boues activées en bassin aéré**, avant le **rejet des effluents dans l'oued Ferra**, puis dans la mer Méditerranée. Bien que de petite taille comparée aux grandes infrastructures, cette station revêt une importance locale considérable pour la préservation du littoral et la qualité de vie des populations riveraines.

L'objectif principal de ce mémoire est d'évaluer la **performance épuratoire** de la station de Bouzedjar, à travers une étude comparative des **caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques** des eaux en entrée et en sortie de station. L'analyse des résultats permettra d'identifier les **paramètres maîtrisés** ainsi que ceux qui nécessitent une amélioration, notamment en ce qui concerne la **conductivité électrique**, qui reflète la persistance des ions dissous après traitement. Ce travail vise ainsi à formuler des **recommandations concrètes** pour améliorer le rendement épuratoire de cette station, dans une perspective de développement durable et de gestion intégrée de la ressource en eau.

La structure de ce mémoire est organisée comme suit :

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et leur traitement par STEP

Ce chapitre présente les définitions, les types de pollution, les caractéristiques des eaux usées ainsi que les principaux procédés de traitement utilisés dans les stations d'épuration, avec un accent particulier sur le procédé biologique à boues activées.

Chapitre II : Méthodologie et protocole d'étude

Ce chapitre décrit la station d'épuration de Bouzedjar, son fonctionnement, ainsi que les méthodes d'échantillonnage et d'analyse adoptées. Il précise également les équipements utilisés pour mesurer les différents paramètres étudiés.

Chapitre III : Résultats et discussion

Ce chapitre expose et interprète les résultats expérimentaux obtenus à partir des analyses des eaux usées avant et après traitement, en mettant en évidence les performances de la station.

Conclusion générale

Cette dernière partie synthétise les principaux résultats, propose des pistes d'amélioration et met en perspective les apports de cette étude dans le contexte local et national.

Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux et leur traitement par STEP

I-1 : Introduction

Le rejet direct des eaux usées domestiques et des eaux résiduaires industrielles dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique de surface et souterrain, et la pollution de l'environnement engendrée, menace la biodiversité de notre environnement, parfois d'une manière irréversible [7]. Par conséquent, afin de protéger l'environnement et de préserver la vie, les eaux usées doivent être traitées de manière adéquate avant d'être rejetées. En particulier, le traitement biologique des eaux usées contribue à réduire la teneur en matières organiques des eaux usées. Bien qu'il existe plusieurs méthodes de traitement biologique des eaux usées, la plus souvent utilisée est le système de traitement biologique par boues activées [8]. Dans ce chapitre, on discute sur les eaux usées et leurs procédés d'épuration.

I-2 : Les eaux usées

I-2-1 : Définition

Les eaux usées sont toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur tout pollution et nuisance [9]

I-2-2 : Origine des eaux usées

Il existe des effluents à traiter ont des origines différentes, on distingue quatre types des eaux usées :

I-2-2-1 : Domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, des graisses appelées eaux grises et chargées de matières organiques azotées, phosphatées et des germes fécaux appelées eaux noires [10].

I-2-2-2 : Agricoles

Elles proviennent du lessivage des terres cultivées et traitées avec des engrais et des pesticides, l'utilisation extensive de ces produits sont à l'origine de la présence des nitrates et des éléments traces métalliques (Zn, Cu, Pb,) dans ces eaux [11].

I-2-2-3 : Industrielles

Elles proviennent essentiellement des usines et des installations industrielles ; ces eaux peuvent contenir des éléments traces métalliques comme le plomb et le chrome, des solvants, des colorants [11].

I-2-2-4 : Pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans la rue où sont accumulées les polluants atmosphériques, poussières, détruits, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainés [9].

I-3 : Pollution des eaux de surface

La pollution d'une eau superficielle est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et même biologiques. Les effets indésirables de ce phénomène sur les organismes vivants ont fait l'objet de nombreux travaux [11].

I-3-1 : Les types de pollution des eaux de surface

I-3-1-1 : Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels.

On distingue [11]:

Pollution solide : elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.

Pollution thermique : causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

Pollution radioactive : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactives.

I-3-1-2 : Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories [10]:

- **Organiques** (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...).
- **Minérales** (métaux lourds, azote, phosphore...)

En plus il y'a la pollution pharmaceutique, Une grande partie des résidus médicamenteux se retrouve dans les eaux usées, car les stations d'épuration classiques ne sont pas conçues pour éliminer complètement ces micropolluants.

I-3-1-3 : Pollution microbiologique :

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets deaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine [11].

I-4 : Présentation de station d'épuration

I-4-1 : La définition de station d'épuration

Une station d'épuration est une installation industrielle qui a pour objectif d'assainir les eaux usées, qu'elles soient domestiques, industrielles ou pluviales avant de les rejeter dans le milieu naturel.

L'épuration des eaux usées consiste à éliminer les plus gros débits, organiques ou minéraux, Retirer les MES de densité suffisamment différente de l'eau tel que les grains de sable et les particules minérales, comme elle consiste éventuellement à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênante en aval : germe pathogènes, azote, phosphore etc [9].

I-4-2 : Le rôle de station d'épuration

- ✓ Protection de la nappe phréatique contre la pollution ;
- ✓ Eviter aux agriculteurs l'irrigation des terres agricoles avec les eaux usées ;
- ✓ Minimiser le risque des maladies a transmission hydrique ;
- ✓ Réutilisation des eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ;
- ✓ Economie importante de l'eau ;
- ✓ Eviter la surexploitation des nappes souterraines [12].

Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux et leur traitement par STEP

L'Algérie dispose d'un réseau national de stations d'épuration en constante évolution, sous la supervision de l'Office National de l'Assainissement (ONA). Ces installations ont pour but de traiter les eaux usées avant leur rejet dans les milieux récepteurs ou leur valorisation. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de stations représentatives réparties dans plusieurs régions du pays, avec leurs caractéristiques principales.

Tableau I- 1 : Capacités, qualité, traitements et références des STEP (Algérie, focus Ouest)

Station	Wilaya / Région	Capacité (m³/j)	Type de traitement réalisé	Qualité des eaux traitées	Références
El Kerma	Oran	270 000	Primaire + secondaire (boues activées) + tertiaire	Tertiaire – réutilisation pour irrigation (6 700 ha)	[13]
Cap Falcon	Oran (Aïn El Türk)	30 000	Primaire + secondaire + désinfection UV	Secondaire + désinfection – irrigation agricole	[14]
Annaba	Annaba	213 216	Boues activées (secondaire)	Secondaire – partiellement valorisée	[15]
Mostaganem	Mostaganem	56 000	Décantation primaire + boues activées	Secondaire – rejet contrôlé ou usage limité	[16]
Sidi Bel Abbès	Sidi Bel Abbès	54 000	En construction – prévu secondaire avancé	Tertiaire	[17]
Saïda (Rebahia)	Saïda	30 000	Primaire + secondaire biologique	Secondaire – qualité moyenne	[18]
El Bayadh	El Bayadh	19 000	Décantation + traitement biologique	Secondaire – sans valorisation	[19]
Skikda	Skikda	46 000	Boues activées (fonctionnement partiel)	Secondaire – en sous-performance	[20]
Baraki	Alger	150 000	Primaire + secondaire (boues activées)	Secondaire – rejet contrôlé vers l’oued El Harrach	[21]
Djanet	Illizi (Sud)	2 500	Traitement simple : lagunage + décantation	Secondaire rudimentaire – usage très localisé	[22]
Bouzedjar	Aïn Témouchent	2 280	Décantation primaire + bassin biologique	Secondaire – eaux rejetées sans valorisation	Entretien personnel STEP Bouzedjar, rapport de stage avril 2024 [12]
	Aïn Témouchent	10920	Décantation + bassin biologique	Secondaire – rejet sans traitement tertiaire	[23]

Chaque station d'épuration des eaux usées contient généralement les étapes suivantes :

- **Primaire** : dégrillage, dessablage, décantation.
- **Secondaire** : traitement biologique (boues activées, lagunage...).
- **Tertiaire** : désinfection, filtration, déphosphatation, etc.
- **Valorisation** : irrigation agricole, usages industriels, recharge des nappes.

I-4-3 : Processus de traitement des eaux usées

Selon l'efficacité de l'élimination des polluants et les méthodes employées, plusieurs niveaux de traitement sont établis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certaines situations, des traitements tertiaires s'avèrent nécessaires, notamment lorsque l'eau traitée doit être rejetée dans un environnement particulièrement fragile.

I-4-3-1 : Prétraitement

Le prétraitement vise à séparer les matières les plus grossières ainsi que les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend quatre principaux modes de traitement dans cette étape :

Dégrillage : Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement. Cependant, il génère beaucoup plus de déchets [24].

Dessablage : Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements ultérieurs en particulier les réacteurs biologiques. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 μ m [25].

Dégraissage et Déshuilage : Le dégraissage est une étape cruciale dans le traitement des eaux usées, car il élimine les graisses qui pourraient entraver l'efficacité des traitements biologiques ultérieurs. Ce processus se réalise par flottation, où l'injection d'air au fond du bassin permet aux graisses de remonter à la surface. Une fois à la surface, elles sont raclées et stockées avant d'être éliminées, soit par mise en décharge ou incinération. En revanche, le

déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, tandis que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide, à condition que la température de l'eau soit suffisamment basse pour permettre le figeage des graisses. Ces deux procédés ont pour but de supprimer les corps gras des eaux usées, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements biologiques suivants.

I-4-3-2 : Traitements secondaires (traitements biologiques)

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter.

Il y'a deux types de traitements :

- **Traitements anaérobies** : Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂.
- **Traitements aérobies** : Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène, on distingue plusieurs procédés dans ce traitement mais le plus utilisé est le procédé à boues activées :

Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent aussi à l'élimination de l'azote et du phosphore [25]. Après un temps de séjours dans ce bassin d'aération l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé « décompteur secondaire ». L'eau épuré est ainsi séparée des boues par décantation. Ensuite, les boues sont soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjecter pour partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de « recirculation des boues ». Ce recyclage d'une partie des boues produites par le système d'épuration permet de maintenir la masse de bactéries contenus dans le bassin d'aération à un niveau compatible avec les performances épuratoires attendus. Les traitements par boues activées éliminent de 90 % à 95 % de la DBO₅, selon les installations [24].

I-4-3-3 : Traitements tertiaires :

Les traitements tertiaire (appelés aussi les traitements complémentaires) ou d'affinage visent principalement l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution bactériologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements

primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour répondre aux normes de rejet. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux récepteurs [8].

➤ **Élimination de l'azote :**

L'élimination de l'azote est assurée biologiquement par nitrification – dénitrification :

Nitrification : C'est la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate. La nitrification, qui est la transformation de l'ammonium en nitrite, est essentiellement liée aux Nitrobactéries (genre Nitrosomonas) alors que la nitrification, au cours de laquelle les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'œuvre des Nitrobactéries (genre Nitrobacter) [9].

Dénitrification : La dénitrification est la deuxième étape, qui convertit les nitrates en diazote (N₂), un gaz inerte. Ce processus est anaérobie, c'est-à-dire qu'il se déroule en l'absence d'oxygène. Le processus peut s'opérer de façon naturelle selon le schéma :



➤ **Élimination du phosphore :**

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis [25].

➤ **La désinfection :**

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone à protéger. L'éventail de technique de désinfection est assez large. Un réactif désinfectant peut être ajouté à l'eau traitée, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le Chlore est le désinfectant le plus courant [24].

I-4-3-4 : Traitement des boues

La réduction de volume est classiquement obtenue à travers des opérations de séparation de phases liquide/solide par décantation, filtration ou évaporation rencontrées dans les techniques d'épaississement, de déshydratation et de séchage thermique [8].

➤ *L'épaississement :*

C'est le premier stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues par gravité, Les boues étant les plus lourdes que l'eau elles se trouvent concentrées au fond d'un ouvrage [24].

➤ *Déshydratation thermique :*

La déshydratation thermique élimine l'eau des boues, réduisant leur volume de 80 à 90 %. Les boues déshydratées peuvent être incinérées ou valorisées comme combustible.

✧ *Le séchage :*

Les lits de séchage qui permettent une déshydratation naturelle des boues par action de la chaleur et du soleil nécessitent une surface importante. Ils sont souvent réalisés en secours des unités de déshydratation [24].

I-4-4 : Paramètres de pollution de l'eau

I-4-4-1 : Les paramètres physico-chimiques :

a) Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissout donc sur la CE, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels [8].

b) Le potentiel hydrogène (pH)

C'est un paramètre qui permet la mesure de la concentration des protons H^+ dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre), ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, le pH influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution

et donc la toxicité en rendant les métaux biodisponibles. Généralement, les valeurs de pH des eaux naturelles sont comprises entre [6 et 8,5[11]] .

c) La conductivité électrique (CE)

Elle s'exprime généralement en mS/cm, sa mesure indique le taux des sels dissous présents dans une eau et par conséquent son pouvoir conducteur. Elle est peut-être utilisée comme indicateur de pollution dans les études environnementales, pour montrer les apports importants en sels d'origine naturelle (bassin versant) [11].

d) La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau[25]. Elle est exprimée généralement en NTU (Néphelométric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit) [11].

e) Les matières en suspension (MES)

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [25]. Elles sont exprimées par (mg/l)

f) Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et la flore, il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques [9]. Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère [11]. Il est exprimé par (mg/l).

I-4-4-2 : Composition élémentaire

- **Azote** : On y trouve l'azote organique (provient des cellules vivantes), l'azote ammoniacal (NH_4^+), l'azote nitreux (NO_2^-), l'azote nitrique (NO_3^-) et l'azote gazeux (N_2), ce dernier est un gaz peu soluble dans l'eau mais très présent dans l'air.



Figure I- 1 : l'azote dans l'eau

- ✧ **Le phosphore** : Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO_4 ou de P_2O_5 [8].
- ✧ **Métaux lourds** : Les métaux lourds ou éléments traces sont des éléments ayant une densité supérieure à 3,5 g/m³, ils sont en concentration dans les êtres vivants à moins de 1% ; certains sont essentiels à la vie, ce sont les oligo-éléments [9].

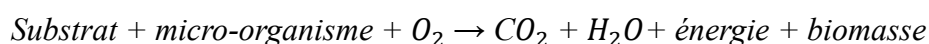
I-4-4-3 : Les paramètres globaux

a) La demande chimique en oxygène (DCO) :

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O_2 /l [25].

b) La demande biochimique en oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes pour la dégradation de la matière organique dans les conditions d'incubation à 20°C à l'obscurité en 5 jours, exprimée en mg/l [10]. Elle se résume à la réaction chimique suivante :



c) La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. Le rapport DCO/DBO5 donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent. On convient généralement des limites suivantes [11]:

- $DCO/DBO5 < 2$: l'effluent est facilement biodégradable ;
- $2 < DCO/DBO5 < 3$: l'effluent est biodégradable ;
- $DCO/DBO5 > 3$: l'effluent n'est pas ou très peu biodégradable.

I-5 : La réutilisation des eaux usées traitées

La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler le déficit hydrique [25]. Parmi les avantages les plus importants de la réutilisation de l'eau usée :

- Assurez une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels ;
- Profiter des nutriments apportés par l'eau de l'irrigation pour augmenter la productivité de la culture agricole et la qualité des espaces verts ;
- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur [10].

I-6 : Conclusion

En conclusion, les procédés d'épuration des eaux usées sont essentiels pour protéger l'environnement et la santé publique. Passons maintenant à une exploration pratique en plongeant dans le chapitre 2, où nous examinerons en détail les procédés d'épuration de STEP Bouzedjar, en plus, nous allons explorer les méthodes des analyses physicochimiques et même les réactifs utilisés.

Chapitre II : Méthodologie et protocole d'étude

II-1 : Introduction

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse pas de croître, à l'heure actuelle, 70 % de toute l'eau utilisée dans le monde entier est consommée dans l'agriculture [2]. Sous la pression des besoins plus en plus élevé en eau en Algérie qui connaît de sérieuses difficultés en matière irrigation agricole, l'épuration des eaux usées est devenue l'une des solutions les plus utilisées pour satisfaire ces besoins, pour la recharge de nappe et pour sa réutilisation urbaine non alimentaire et industrielle. Les eaux traitées doivent répondre aux normes hygiéniques établies dans le journal officiel Algérien [7].

Le processus d'épuration des eaux usées comporte plusieurs étapes, de la première étape de prétraitements jusqu'au dernière étape, qui est la désinfection.

Dans ce chapitre, nous avons discuté en détail sur le processus d'épuration des eaux usées en STEP BOUZDJAR, et nous étudions les paramètres physicochimiques des eaux usées ainsi les méthodes des analyses des eaux usées.

II-2 : Présentation de l'office national de l'assainissement (ONA)

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial créé en Avril 2001 elle est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction des ouvrages et des infrastructures d'assainissement.

Ainsi, il assure :

- La protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique.
- La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique.
- La préservation de la santé publique.



Figure II- 1: Logo de l'ONA

II-3 : Présentation de station d'épuration de BOUZEDJAR

II-3-1 : Localisation géographique

STEP BOUZEDJAR a été créée le juin 2009, avec une superficie de deux hectares. Elle est située à environ 50 km au nord-ouest d'Aïn Témouchent, dans une région côtière de l'Algérie, se délimite au nord par la mer méditerranée et à l'ouest par la ville de Bouzedjar.



Figure II- 2 : Localisation géographique de STEP BOUZEDJAR

La mise en service de STEP BOUZEDJAR était en Aout 2013, et transférée à l'ONA fin Janvier 2016.

Le traitement effectué par la station concerne les eaux usées d'origine urbaines provenant de la ville de Bouzedjar (par refoulement). El Houaoura, et M'said (gravitaire). Où atteindre la capacité de 2280 m³/j ce qui est équivalent à 19000 habitants. Le procédé de l'épuration est du type biologique à boues activées à faible charge collectée par un réseau unitaire.

Ces eaux arrivées à la station sont rejetées via l'oued Ferra vers la mer.

II-3-2 : Les données de base

Tableau II- 1 : Caractéristiques techniques de conception

Procédé d'épuration	À boue activée	
Capacité d'épuration	19000 EQH (horizon 2020)	22000 EQH (horizon 2035)
Débit installé	2280 m ³ /j (horizon 2020)	2640 (horizon 2033)

II-4 : Procédé d'épuration de STEP Bouzedjar

Le processus d'épuration des eaux usées dans STEP Bouzedjar comprend plusieurs étapes (figure II-3) :

- ✓ Relèvement ;
- ✓ Prétraitement (traitement physique) ;
- ✓ Traitement biologique par boues activées ;
- ✓ Clarification ;
- ✓ Désinfection ;
- ✓ Traitement des boues.

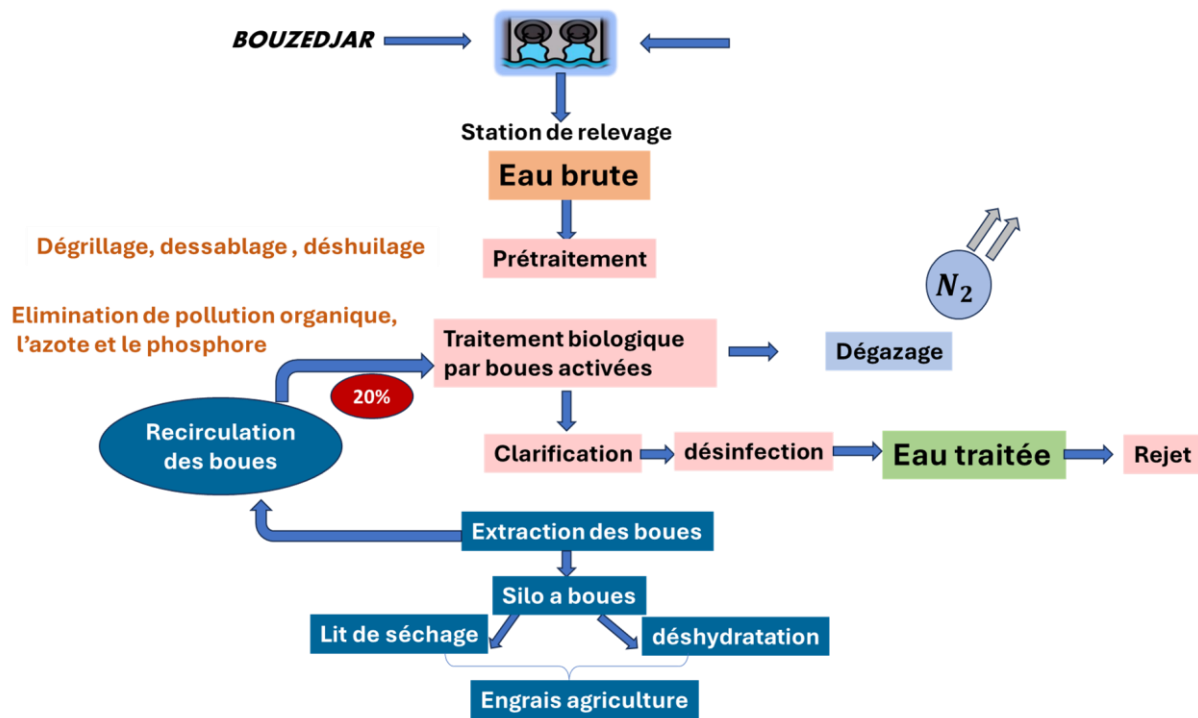


Figure II- 3 : Schéma simplifié de procédé d'épuration de STEP de Bouzedjar

II-4-1 : Relevage

Les eaux usées arrivent généralement dans un collecteur enterré et donc nécessite un système de relèvement jusqu'aux prétraitements.

Il y'a deux stations de relevage en amont de la STEP :

- ✓ Station de relevage de Bouzedjar où les eaux usées provenant du village de BOUZEDJAR sont véhiculées gravitairement par un collecteur jusqu'à la bache d'eaux de la Station de Relevage. De cette bache les eaux usées seront pompées vers la STEP au moyen de trois pompes immergées.

Station de relevage de Msaid qui contient 3 pompes qui pompent toute l'eau de Msaid vers Houaoura par refoulement, puis les eaux de Msaid et Houaoura sont recueillies dans un grand bassin, après les eaux sont transférées à la station par gravitaire.



Figure II- 4 : la chambre des vannes

II-4-2 : Les prétraitements

Désigne les traitements physiques qui ont pour but d'éliminer les matières en suspension, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Dans le STEP Bouzedjar, on distingue trois étapes de traitements physiques :

II-4-2-1 : Dégrillage

Les gros déchets sont enlevés en faisant passer l'eau à travers des grilles dans l'épaisseur de barreaux est de 20 mm et largeur 0,8m. Cette opération élimine les éléments volumineux tels que les produits métalliques, plastiques, objets divers. Ces derniers seront acheminés par nettoyage mécanique (un palier) vers une corbeille puis à la déchetterie.



Figure II- 5 : dégrilleur

II-4-2-2 : Dessableur-Déshuileur

Par la suite les prétraitements seront composés d'un ouvrage combiné de déshuilage dessablage cylindro-conique de diamètre 4m et volume 27,23 m³.

- Les graisses sont flottées par de fines bulles d'air créées par une turbine immergée de puissance 2,2KW. Elles sont raclées mécaniquement pour être stockées dans un bac de concentration de volume d'où elles seront reprises par les services d'exploitation pour évacuation dans une benne mobile.
- Les sables et autres matières décantées au fond de l'ouvrage sont repris par une pompe à roue Vortex de débit 20 à 30 m^3/h , et évacués vers un classificateur à vis qui permettra la séparation des sables et matières organiques. Les sables essorés stockés dans une remorque mobile.

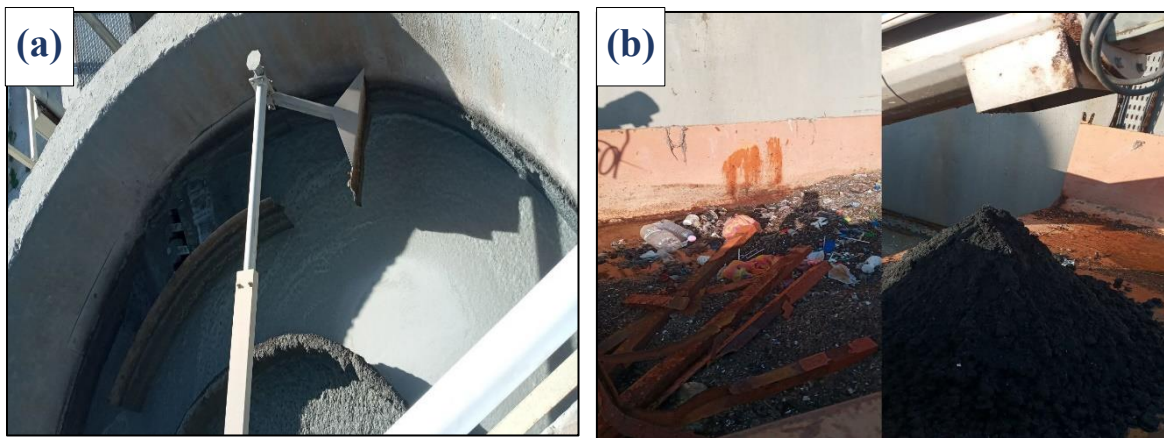


Figure II- 6 : représente les images de (a) Dessableur et Déshuileur, (b) remorque mobile

II-4-3 : Traitement biologique

II-4-3-1 : Bassin de contact

Pour éviter la formation de bactérie filamenteuses nous proposons en amont de traitement biologique la réalisation d'un bassin de contact où transiteront les eaux brutes et les boues recirculées.

L'homogénéisation de ce travail est garantie par un agitateur immergé. Le volume du bassin de contact est de 61 m^3 , soit un temps de passage par rapport au débit maximum de 12,8 min.



Figure II- 7: Bassin de contact

II-4-3-2 : Traitement biologique par boues activées

Le traitement biologique par boues consiste à développer une culture bactérienne dispersée sous forme de floccs dans un bassin brassé et aéré alimenté en continu en eau à épurer.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur (ou décanteur secondaire), destiné à séparer l'eau épuré des boues. Ces dernières sont recyclées dans un bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactérie épuratrices.

L'aération est assurée par des aérateurs de surface (turbine verticale ou brosse horizontale) dont la fonction est de pomper l'eau dans le bassin et de diffuser sous formes de fines gouttelettes dans l'air afin de permettre le contact des bactéries avec l'oxygène de l'air.

Pour la station de BOUZEDJAR, les effluents prétraités sont admis dans le bassin d'aération ou une culture bactérienne appropriée détruira la pollution dissoute afin de rendre les effluents compatibles avec les caractéristiques de rejet.

Le fonctionnement est prévu en aération prolongée avec une charge massique théorique inférieure à 0,10 kg DBO5/kg MVS.

La charge de pollution à l'entrée est de 1210 kg de DBO5/j, donc la masse matière active minimale à conserver dans le réacteur biologique est de : 12000kg MVS.

Le bassin réalisé est de forme rectangulaire et est formé de deux bassins similaires adjacents.

Les dimensions de chaque bassin sont :

- ❖ Longueur : 28,00m
- ❖ Largeur : 14,00m

- ❖ Hauteur de l'eau : 3,80m
- ❖ Volume : 1490m³
- ❖ Volume total : 2980m³

La concentration en matière active sera de 4,03 g/l et la charge volumique de 0,406 kgDBO5/m³.



Figure II- 8: Bassin d'aération

II-4-3-3 : Mécanisme de traitement biologique par boues activées

L'épuration biologique est assurée par un grand nombre de micro-organismes. Ces différents organismes utilisent les différents polluants comme source de nutriment afin de croître et se multiplier.

Cette phase de traitement permet d'éliminer :

- La matière organique (composés carbonés)
- Composés azotés
- Composés phosphorés

1. La dégradation de la pollution carbonée :

En présence d'oxygène, les micro-organismes dégradent la matière organique, en utilisant de l'oxygène pour garantir que cela a besoin et produit de nouvelles cellules.

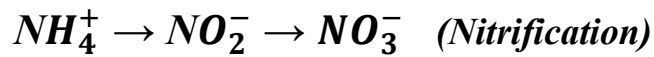


2. Elimination du phosphore :

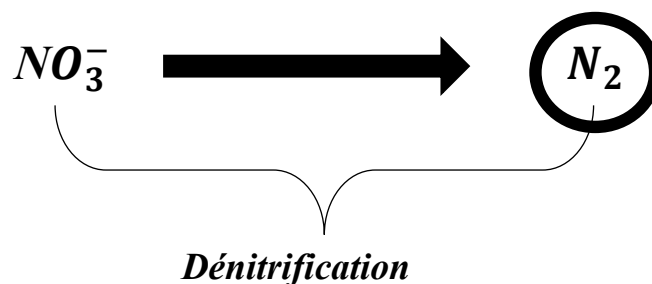
Oxygène étant fini, les bactéries absorbent 30% du phosphore.

3. Elimination de l'azote :

En zone aérobie : des bactéries autotrophes permettent la nitrification de l'azote ammoniacal. Elles utilisent uniquement du carbone minéral comme source de carbone et ne respirent que de l'oxygène. Elle peut être définie comme étant la transformation biologique de composés organiques et inorganiques (NH_4^+) d'une forme réduite en forme plus oxydée (NO_2^- , NO_3^-) réalisé par l'espèce Nitrosomonas et l'espèce Nitrobacter. Ce processus est assuré par l'aération des bassins grâce à deux turbines pour chaque un.



En zone anoxie : dans le bassin de DEGAZAGF, c'est la dénitrification qui s'opère. En absence d'oxygène, les bactéries hétérotrophes utilisent les nutriments présents dans l'eau, dont l'azote organique, pour se développe autrement dit les produits oxydes (nitrites et nitrates) subissent une réduction par des bactéries spécifiques (hétérotrophes) dont la formation est souvent réprimée par la présence d'oxygène Ces bactéries qui ne se forment qu'en l'absence ou en présence de très faible concentration d'oxygène, utilisent les NO_2^- -et NO_3^- comme les accepteurs d'électrons dans la chaîne respiratoire en lieu et place de l'oxygène. Le produit final de ces réactions de réduction est le "diazote" qui sera réintègre le cycle naturel, on parle ici de la "dénitrification". Il résulte de ces processus, une couche de boue est formée à la surface, ces derniers doivent être séparés par décantation de l'eau.



II-4-4 : Clarification

Il y a 2 clarificateurs utilisée dans le STEP pour éliminer les particules contenues dans les eaux et donne un liquide absent des soldes en suspension pour la phase suivante. La boue décantée sur le fond est poussée par des lames racleuses vers un puits centre du bassin. Une partie sera recyclée dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante

en bactérie épuratrices. L'excédent (boues en excès), est extrait du système et évacué vers le traitement des boues. La forme est le type de classificateur est conditionné par le débit de pointe admis, sa géométrie, sa facilité de réalisation, et par le souci de recirculer le plus vite possible les boues en aération.

Pour les installations de moyenne importance, les ouvrages sont de type raclé, dans ce cas la radier à une pente légère (10° à 15°) et un tournant périphérique équipé d'une racle de fond qui ramène les boues dans une trémie centrale d'où elles seront pompées.

Les ouvrages proposés respecteront les contraintes dimensionnelles conseillées pour ce type d'ouvrage, à savoir la vitesse ascensionnelle maximale sera inférieure à 0,60 m/h et la hauteur périphérique de 2,50 m et auront les caractéristiques unitaires suivantes :

- Diamètre : 18,00m
- Hauteur d'eau : 2,50m
- Surface utile : $477,91m^2$
- Volume : $1497,40m^3$



Figure II- 9 : Clarificateur

II-4-5 : Mesure de débit

Mesure de débit final des connaissances actuelles traitées dans des environnements naturels. Ceci est effectué dans des canaux en béton avec des seuils Venturi et des mesures continues

avec des sondes à ultrasons. A côté du débitmètre il est installé un préleveur automatique asservi à la mesure de débit.



Figure II- 10 : débitmètre

II-4-6 : Désinfection

Injection de la chaux est la solution technique la plus utilisée pour désinfecter les eaux usées d'une STEP de BOUZEDJAR.

L'eau traitée qui sort de la station, elle est rejetée à la mer de BOUZEDJAR, et aussi utilisée dans l'irrigation des terres agricoles. Ainsi, on bénéficie des boues par la production des engrais pour l'agriculture du a sa richesse en éléments fertilisants.



Figure II- 11 : Bassin désinfection par la chaux

II-4-7 : Extraction des boues

Les boues extraites après la clarification sont devisées en deux parties par des pompes de débit = $60\text{m}^3/\text{h}$:

II-4-7-1 : la recirculation des boues

Une partie de 20% est envoyée pour la recirculation des boues vers le bassin d'aération. La recirculation des boues secondaires vers le réacteur biologique est nécessaire pour :

- ✓ Maintenir une concentration suffisante de la masse active dans le système biologique.
- ✓ Assurer une réoxygénation des bactéries.
- ✓ Détruire la pollution entrante.

II-4-7-2 : Extraction des boues en excès

La deuxième partie de 80% est envoyée vers le silo à boues pour être stockée et puis traitée selon plusieurs méthodes.

Le rôle de silo à boues qui s'appelle aussi des concentrateurs gravitaires est de réduire par 2 ou 3 le volume de boues à traiter. Le temps de stockage des boues est 3,5 j.

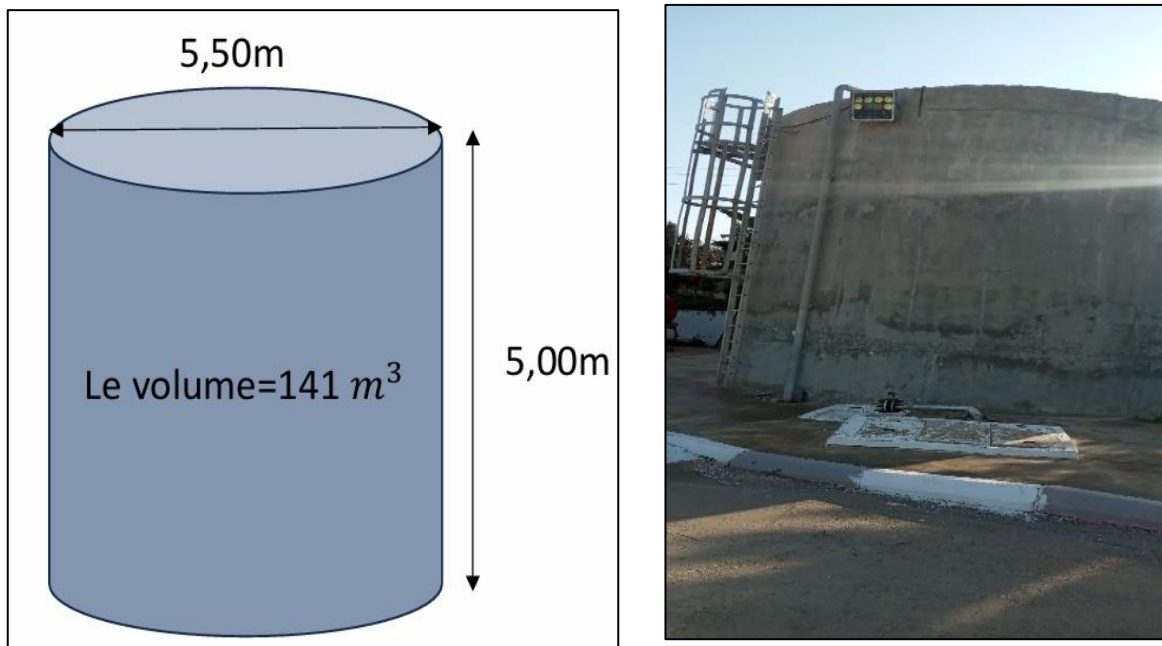


Figure II- 12 : Le silo à boues

II-4-7-2-1 : Déshydratation des boues

La déshydratation des boues est prévue par filtre à bandes technique la plus utilisée pour les installations de moyenne importance. La boue à déshydrater est serrée entre deux toiles tendues afin d'en extraire l'eau résiduelle. La siccité des boues est voisine de 15 à 20%.

Les presses à bandes représentent la technique la plus rudimentaire de déshydratation mécanique des boues et vont nécessiter une surveillance continue (contrôle de la qualité de la

Floculation, du déroulement des bandes, de la qualité du lavage des bandes.) ainsi qu'une quantité importante d'eau de lavage qu'il va falloir remettre en tête de station. Ces eaux de lavage sont des eaux claires en sortie d'installation.

L'installation comportera un combiné table d'égouttage et filtre à bandes technique alliant la simplicité de fonctionnement et un investissement réduit, et évite la réalisation d'un concentrateur en amont de la machine à déshydrater. Les boues seront issues de l'épaississeur par une pompe volumétrique. Avant d'être introduites dans la machine elles sont floculées par un polymère cationique approprié injecté en continu à partir d'une solution réalisée dans un bac agité.

Les boues sortant de la machine seront reprises par une pompe de gavage pour être refoulées vers les bennes de stockage. Les filtrats seront dirigés vers le pompage interne pour retraitement.



Figure II- 13 : Filtre à bandes

II-4-7-2-2 : Le séchage

Tout comme il existe une méthode mécanique pour déshydrater les boues, il existe également une méthode naturelle qui fait le même travail qui est le lit de séchage. Il permet de déshydrater naturellement les boues par action de chaleur de soleil.

Le lit est un bassin carré contient une quantité de graviers et de sables au fond, et les boues sont placées au-dessus d'eux. 95% des boues sont séchées par le bassin par filtration, tandis que

le pourcentage restant (5%) est séché par le soleil. Les boues restent dans le lit de séchage pendant une quarantaine de jours maximum, après le curage.

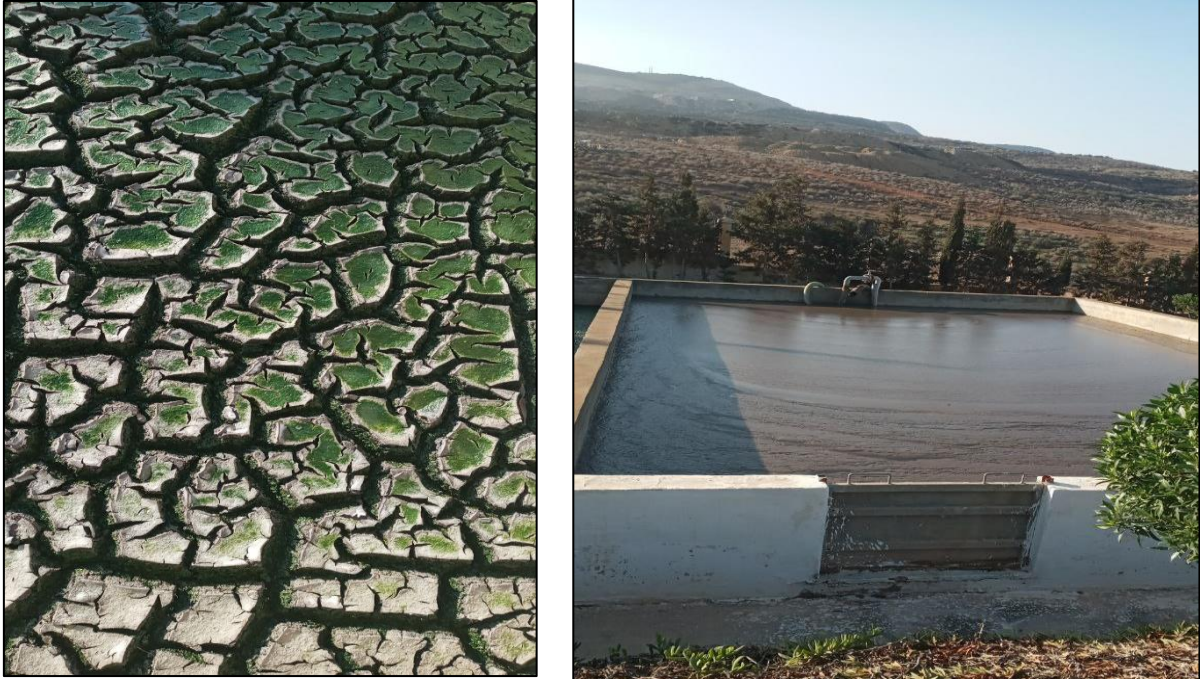


Figure II- 14 : le lit de séchage et les boues après le séchage

II-5 : Stratégie d'échantillonnage et analyses effectuées

II-5-1 : L'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données [10].

L'échantillonnage doit être précis et fiable afin d'obtenir des résultats justes et confirmés. Pour la réalisation de notre travail, deux échantillonnages ont été prélevés durant la période du mois de Février (04/02/2025) avant et après le point de rejet de la station d'épuration de Bouzedjar.

- ✓ Point 01 : à l'entrée de STEP de BOUZEDJAR (après le prétraitement)
- ✓ Point 02 : à la sortie de STEP de BOUZEDJAR (après la désinfection)

Il se fait le prélèvement grâce à un préleveur d'échantillons automatique qui dispose d'un système de refroidissement fiable et d'un boîtier anti-vandalisme garantissant une sécurité

exceptionnelle pour les échantillons. La programmation des prélèvements simples par menus, sert à remplir les flacons à échantillon chaque 15 minutes pendant 24h.



Figure II- 15: Préleveur d'échantillon automatique

II-5-2 : Matériels et méthodes d'analyses utilisés

Dans la STEP, on a deux types d'analyses réalisées :

- Les analyses journalières sont réalisées d'une façon quotidienne. Elles comprennent des mesures de Température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, turbidité, matière en suspension (MES) et aussi V30.
- Les analyses complètes sont réalisées une ou deux fois par mois. Elles concernent toutes les analyses journalières plus les mesures de DBO5, DCO, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- .
- L'échantillonnage concerne 3 types d'eaux : l'eau de l'entrée, l'eau de sortie et l'eau de bassin d'aération pour l'analyse de V30.

❖ *Matériels utilisés au laboratoire :*

- Les Verreries (Entonnoirs ; Bêchers de différent volume ; les éprouvettes...etc.) ;
- Un réfrigérateur : pour conserver les échantillons.
- Papier filtres ;
- Balance ;

- Etuve de 105°C, Four ;
- Fiole pour la filtration ;
- pH-mètre ;
- Conductimètre ;
- Turbidimètre ;
- Oxymètre ;
- Oxytop ;
- Spectromètre ;
- DCO-mètre
- Thermomètre ;

II-5-2-1 : Observation de la couleur

On observe la couleur marron ou jaunâtre pour l'eau brute ou parfois noire quand il y'a la charge polluante est très forte. Et par rapport à l'eau traitée sa couleur est transparente.



Figure II- 16 : eau d'entrée et eau de la sortie de STEP BOUZEDJAR

II-5-2-2 : L'odeur

L'eau brute se présente avec une odeur désagréable par contre l'eau traitée est sans odeur.

II-5-2-3 : Mesure de température

+Premièrement on doit mesurer la température du milieu extérieur pour faire la comparaison entre cette dernière et celle de l'eau brute et de l'eau traitée. Les degrés de température de ces milieux doivent être en équivalence, si on trouve une grande différence ça signifie qu'il y a un problème relatif à l'équipement du tel bassin qui affecte à son tour sur les résultats des analyses. Cette mesure est réalisée à l'aide d'un thermomètre de précision avec sonde déportée, il suffit

de placer la sonde à l'intérieur d'échantillon et attendre pour quelques minutes l'afficheur ensuite indique la température. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (C°)



Figure II- 17 : Thermomètre

II-5-2-4 : Mesure de pH

1. Matériels utilisés :
 - Becher de 100 ml ;
 - pH-mètre ;
 - Eau distillée ;
 - Eau à analyser.
 2. Mode opératoire :
 - Remplissez le bécher avec l'eau à analyser ;
 - Rincer bien l'électrode avec l'eau distillée ;
 - Plonger l'électrode dans le bécher ;
 - Après lire le résultat obtenu, La lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH ;
- Noter la valeur du pH



Figure II- 18 : pHmètre

II-5-2-5 : Mesure d'oxygène dissous

1. Matériels utilisés :

- Becher de 100ml ;
- Eau distillée ;
- Oxymètre ;
- Eau à analyser.

2. Mode opératoire :

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Remplissez le bécher avec l'eau à analyser ;
- Allumer l'oxymètre ;
- Plonger la sonde dans l'échantillon ;
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture ;
- Les résultats sont exprimés en mg/L.



Figure II- 19 : Oxymètre

II-5-2-6 : Mesure de conductimètre électrique

La détermination de la conductivité se fait à l'aide d'un conductimètre.

1. Mode opératoire :

- Introduire un volume de l'échantillon d'eau à analyser dans bécher ;
- Plonger l'électrode dans l'échantillon ;
- Attendez quelques minutes pour la mesure se stabilise et après lire la valeur affichée ;
- Les résultats sont exprimés en mS.



Figure II- 20 : Conductimètre

II-5-2-7 : Mesure de turbidité

La détermination de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre.

- *Mode opératoire :*

- Prélever 25 ml de chaque échantillon et homogénéiser ;
- Préparer le blanc avec 25 ml d'eau distillé ;
- Remplir la cuvette stérile avec l'eau à analyser ;
- Placer le blanc dans le puits puis fermer le capot ;
- Agiter bien le flacon d'échantillon puis placer dans le puits puis fermer le capot ;
- Attendez quelques minutes pour la mesure se stabilise et après lire la valeur affichée ;
- Les valeurs obtenues sont exprimées en NTU (Nephelométric Tirbidity Unit).



Figure II- 21 : Turbidimètre

II-5-2-8 : Mesure de matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont obtenues par filtration des effluents peu charges, séchage j'jusqu'à l'évaporation total d'eau dans une étuve à 105°C.

1. Matériels utilisés :

- Fiole ;
- Eau a analysée ;
- Papier filtre ;
- Balance ;
- Etuve ;
- Dessiccateur.

2. Mode opératoire :

- Peser le poids de filtre à vide et noter sa masse (P1) ;
- Placer un entonnoir sur une fiole après placer dessus la papier filtre ;
- Homogénéiser bien l'échantillon ;
- Verser lentement 1000 ml de l'eau à analyser dans ce dispositif et on laisse à filtrer ;
- Après la filtration, on récupérer le filtre et on met le papier filtre dans une coupelle en verre ;
- Placer la coupelle dans un étuve de 105⁰C pendant 2 heures ;
- Puis placer ce filtre dans un dessiccateur pour enlever toute l'humidité restante ;
- Enfin, peser le nouveau poids de filtre et noter sa valeur(P2)

3. Calcul la concentration de MES :

$$MES = \frac{P2 - P1}{V} * 1000$$

P1 : la masse de filtre vide

P2 : la masse de filtre après séchage

V : le volume de l'échantillon

MES : unité en mg/l.



Figure II- 22 : Filtration

II-5-2-9 : Mesure de V30

Mode opératoire :

- Prendre 1000 ml d'eau de bassin d'aération ;
- Mettre l'eau dans un cône de sédimentation ;
- On laisse pendant 30 min pour décanter ;
- Après la décantation, on peut lire le volume des sédiments.

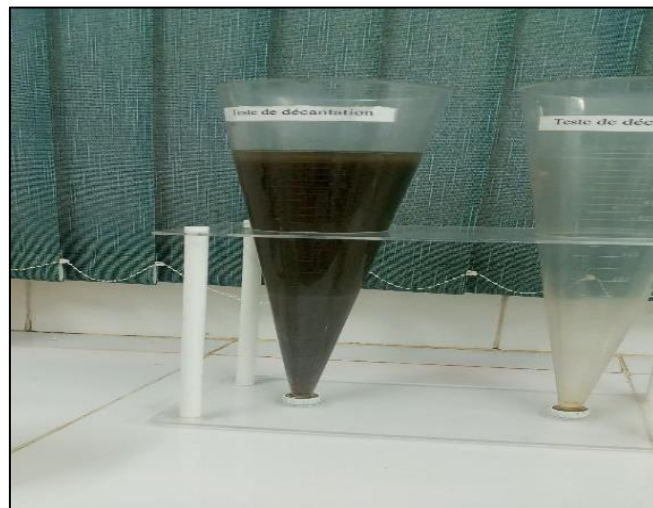


Figure II- 23 : cône de sédimentation

II-5-2-10 : Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

Matériels et réactifs utilisés :

- Réacteur à 150°C ;
- DCO-mètre ;
- Les tubes des réactifs.
- **Mode opératoire :**
- Allumer le réacteur à DCO et préchauffer à 150 °C
- Préparer les tubes : Prélever 2ml d'eau à analyser et les introduire dans le tube contenant les réactifs puis fermer les tubes ;
- En tenant le tube par le bouchon au-dessus d'un évier. Le retourner fois pour mélanger le contenu ;
- Préparer le blanc : les réactifs seul ;
- Placer les tubes dans le réacteur à 150 °C pendant 2 heures ;
- Après 2 heures, enlever les tubes et laisser pour refroidir à température ambiante dans le support de tube ;
- Bien nettoyer l'extérieur des tubes et mesurer avec programme spectrophotomètre HACH.



Figure II- 24 : les réactifs, Spectrophotomètre, DCO-mètre

II-5-2-11 : Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO5)***Matériels utilisés :***

- Flacons d'échantillons bruns en verre de 500 ml de capacité ;
- Barreau magnétique d'agitation ;
- Plaque d'agitation ;
- Réservoir de soude en caoutchouc ;
- Entonnoir ;
- DBO-mètre : OxiTop IS6 ;
- Armoire thermo statée à 20°C.

Réactifs utilisés :

- Inhibiteur de nitrification (C₄H₈N₂O) à 5 g/l ;
- Pastille de soude.

4. Mode opératoire :

- Homogénéiser bien l'échantillon pendant 2 minutes ;
- Mettre le volume de l'échantillon choisi dans le flacon ;
- Ajouter des gouttes de l'inhibiteur de nitrate selon la gamme choisie ;
- Ajouter pour chaque flacon un barreau magnétique ;
- Mettre 2 pastilles de soude (NaOH) à l'intérieur de réservoir de soude et placer à l'orifice de l'ampoule ;
- Fermer l'ampoule de mesure avec la tête du senseur DHO ;
- Cloquer les ampoules dans l'agitateur ;
- Introduire l'équipe d'agitation dans l'incubateur avec la température de 20°C, connecter le câble du réseau a la prise intérieure de l'incubateur et appuyer sur l'interrupteur de courant interne ;
- Consulter l'affichage après chaque 24 h en appuyant sur la touche S ;
- Après le cinquième jour lire le résultat sur la tête de mesure.

Tableau II- 2 : volume d'échantillon pour DBO5

Prélèvement	Intervalle de mesure de DBO5(mg/l)	Volume d'échantillon (ml)	Facteur de dilution
Entrée	0-400	164	10
Sortie	0-40	432	1

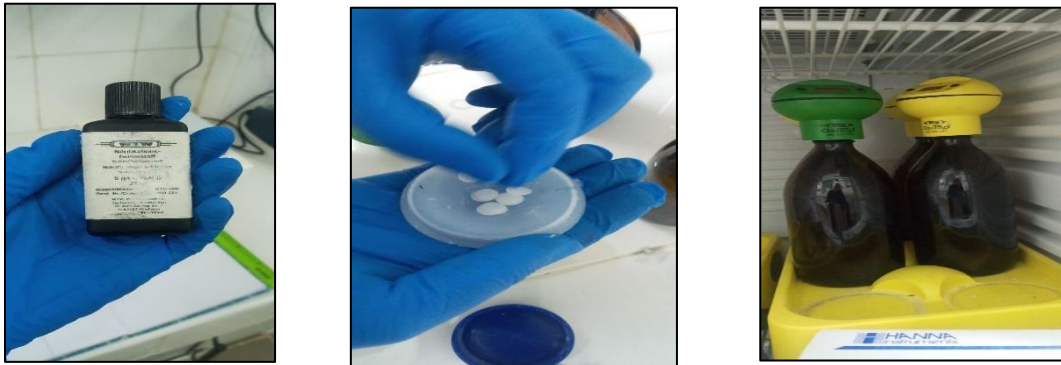


Figure II- 25 : Inhibiteur de nitrification, pastille de soude, Oxytop

II-5-2-12 : Mesure De l'ammoniac (NH_4^+)

5. *Matériels et réactifs utilisés :*

- Fiole ;
- Eprouvette ;
- Spectromètre ;
- Eau a analysée ;
- Stabilisateur de minéraux ;
- Agent de dispersion d'alcool polyvinylique ;
- Réactif de nessler.

6. *Mode opératoire :*

- Prendre 25 ml d'eau a analysée et mettre dans une fiole ;
- Ajouter 3 gouttes de stabilisateur de minéraux ;
- Ajouter 3 gouttes de polyvinyl alcohol ;
- Ajouter quelques gouttes de réactif de nessler ;
- Fermer la fiole et agiter bien le mélange ;
- Préparer le blanc : 25 ml d'eau distillée + 3gouttes de stabilisateur et 3 gouttes de polyvinyl alcohol ;
- La mesure est effectuée par le spectromètre DR3900, premièrement mesurer le blanc après mesurer l'échantillon et noter la valeur.



Figure II- 26 : méthode de mesuré le NH_4^+

II-5-2-13 : Mesure de nitrate (NO_3^-)

7. Matériels et réactifs utilisés :

- Bécher ;
- Agitateur ;
- Barreau magnétique ;
- Spectromètre ;
- Eau a analysée ;
- Sachet de nitrate LR 30 ;
- Sachet de nitrite LR 25.

8. Mode opératoire :

- Dans un bécher, mettre 30 ml d'eau a analysée ;
- Ajouter sachet de nitrite LR30 ;
- Ajouter barreau magnétique et mettre le bécher sous agitateur pendant deux minutes ;
- Prendre 25 ml de solution et ajouter sachet de nitrate LR25 ;
- Mettre sous l'agitation pendant 15 minutes ;
- La mesure est effectuée par le spectromètre DR3900.
-

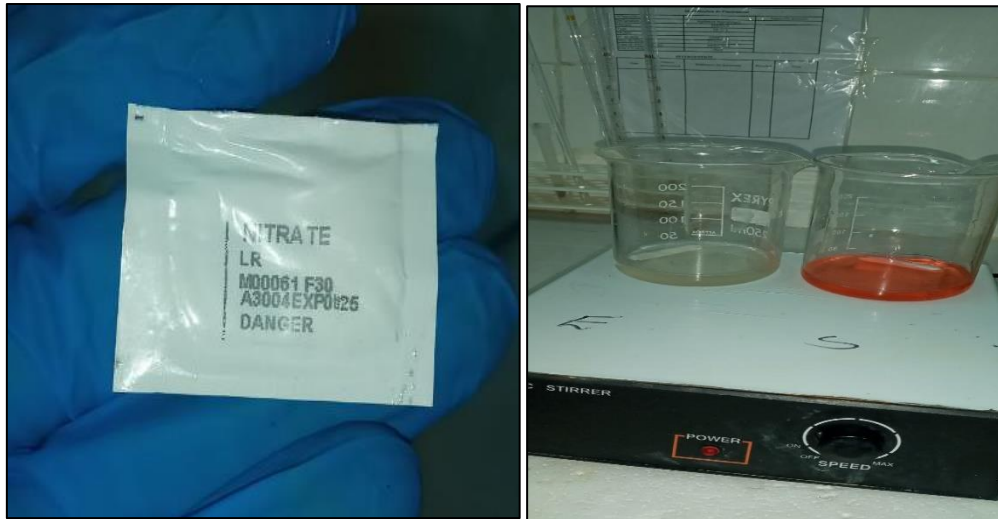


Figure II- 27 : le sachet de nitrate et la solution obtenue

II-5-2-14 : Mesure de nitrite (NO_2^-)

Matériels et réactifs utilisés :

- Bécher ;
- Agitateur et barreau magnétique ;
- Spectromètre ;
- Eau a analysée ;
- Sachet de nitrite LR10.

Mode opératoire :

- Dans un bécher, mettre 10 ml d'eau a analysée ;
- Ajouter sachet de nitrite LR10 ;
- Mettre sous agitation pendant 20 minutes ;
- Mesurer sur le spectromètre DR 3900.



Figure II- 28 : spectromètre et la solution obtenue

II-5-2-15 : Mesure de phosphates (PO_4^{3-})

Matériels et réactifs utilisés :

- Becher ;
- Agitateur et barreau magnétique ;
- Spectromètre ;
- Eau a analysée ;
- Sachet de 10 phosphates.

Mode opératoire :

- Dans un bécher, mettre 10 ml d'eau a analysée ;
- Ajouter sachet de 10 phosphates ;
- Mettre la solution sous l'agitation pendant 2 minutes ;
- La mesure est effectuée par le spectromètre DR 3900.



Figure II- 29 : la solution obtenue

II-6 : Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter en détail la station d'épuration de Bouzedjar, son mode de fonctionnement ainsi que le protocole expérimental adopté pour évaluer ses performances épuratoires. La STEP de Bouzedjar, bien que de taille modeste, joue un rôle essentiel dans la préservation de l'environnement littoral de la région d'Aïn Témouchent. Son procédé de traitement repose sur une filière biologique à boues activées, adaptée aux caractéristiques des eaux usées domestiques reçues.

La stratégie d'échantillonnage, rigoureusement planifiée, a permis de collecter des données représentatives à l'entrée et à la sortie de la station. Les différents paramètres physico-chimiques et organoleptiques mesurés (pH, DCO, DBO_5 , MES, CE, oxygène dissous, nutriments, etc.) permettent une évaluation complète de l'efficacité du traitement. Le recours à

des méthodes normalisées d'analyse et à un appareillage approprié garantit la fiabilité des résultats.

Les données expérimentales obtenues dans le cadre de cette étude permettront, dans le chapitre suivant, d'analyser l'impact réel des rejets de la station sur le milieu récepteur et de proposer des pistes d'amélioration concrètes. Ce travail s'inscrit ainsi dans une démarche de gestion durable des ressources en eau et de protection de l'environnement.

Chapitre III : Résultats et discussion

III-1 : Introduction

Le traitement des eaux usées est une étape essentielle pour préserver la qualité des milieux aquatiques récepteurs, notamment les eaux de surface. Ce chapitre présente les résultats des analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées sur les eaux en **entrée et en sortie** d'une station d'épuration dans la période de février 2025, et ce dans le but d'évaluer l'efficacité du traitement. L'interprétation des paramètres tels que la conductivité, le pH, la DCO, la DBO5, les matières en suspension, les nutriments (azote, phosphate), ainsi que les aspects sensoriels (odeur, couleur) permet d'avoir une vue globale sur la performance du système.

III-2 : Caractéristiques organoleptiques de l'eau

Cependant, les eaux usées à l'entrée présentaient une **odeur désagréable** et une couleur marronne, ce qui est typique des effluents domestiques riches en matière organique [26] et en déchets solides. Après traitement, ces caractéristiques ont été fortement améliorées : l'eau est devenue **transparente et sans odeur**, montrant ainsi une **bonne efficacité du traitement primaire et secondaire**.

III-3 : Évolution des paramètres physico-chimiques

III-3-1 : Température, pH et Conductivité

Les paramètres physiques tels que la température, le pH et la conductivité électrique sont fondamentaux pour caractériser l'environnement chimique de l'eau et influencent directement l'efficacité des processus biologiques de traitement (Tableau III-1).

Le **pH** est passé de 7,78 à 8,74, indiquant un dégazage du CO₂ pendant l'aération, phénomène bien documenté dans le traitement biologique [27].

La **conductivité électrique** reflète la concentration en ions dissous dans l'eau. La légère diminution de la conductivité (1600 → 1500 µS/cm) montre que **le traitement a réduit une partie des ions**, mais que **les sels minéraux restent globalement présents** [28][29]

L'eau épurée présente une conductivité de 1500 $\mu\text{S/cm}$, **plus élevée en comparaison avec celle de l'eau potable (200–800 $\mu\text{S/cm}$)** [30] ou de l'eau de rivière propre (50–500 $\mu\text{S/cm}$), ce qui justifie un traitement complémentaire si une réutilisation est envisagée [28].

Tableau III- 1: Température, pH et conductivité avant et après traitement

Paramètre	Entrée	Sortie	Évolution
Température (°C)	16,2	11,5	↓ (effet du refroidissement naturel)
pH	7,78	8,74	↑ (milieu plus basique, dégazage de CO_2)
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	1600	1500	↓ légère (présence persistante d'ions)

III-3-2 : Comparaison avec d'autres types d'eau

La turbidité et les matières en suspension sont des indicateurs importants de la clarté et de la charge particulaire de l'eau. Leur diminution après traitement reflète l'efficacité du système de clarification et de filtration (tableau III-2).

Par conséquent, la forte diminution de la **turbidité** (de 41 à 6,6 NTU) et de **MES** (de 86 à 10 mg/L) traduit une bonne performance du système de **clarification et décantation** [27], [28].

Comparée à l'eau potable, **l'eau épurée est encore trop conductrice** pour être réutilisée directement pour des usages sensibles (irrigation, milieu aquatique fermé), sauf après **traitement tertiaire (filtration, désinfection, traitement avancés... etc)** [28], [29].

Tableau III- 2: Valeurs de la turbidité et de MES en entrée et sortie de la STEP

Type d'eau	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Remarques
Eau distillée	0,5 – 2	Pratiquement pure, très faible en ions
Eau du robinet	200 – 800	Dépend de la région et des traitements
Eau minérale naturelle	500 – 1500	Riche en minéraux dissous
Eau de rivière propre	50 – 500	Variable selon la saison et la pollution
Eau usée (entrée STEP)	1600	Très chargée en ions organiques et inorganiques
Eau épurée (sortie)	1500	Moins chargée, mais toujours riche en sels

III-3-3 : Matières en suspension et oxygène dissous

L'oxygène dissous (O₂) est un paramètre clé pour évaluer la capacité de l'eau à soutenir la vie aquatique. Il est également un témoin de l'efficacité de l'aération dans le traitement biologique (tableau III-3).

Le passage de 2 à 6 mg/L en oxygène dissous reflète une bonne oxygénation du bassin d'aération, conforme aux recommandations pour un système à boues activées [27], [28], [29].

Ces résultats traduisent une **bonne clarification de l'eau** et une **oxygénation adéquate**, éléments essentiels pour maintenir un équilibre biologique dans les milieux récepteurs.

Tableau III- 3 : Teneur en oxygène dissous avant et après traitement

Paramètre	Entrée	Sortie	Amélioration
Turbidité (NTU)	41	6,6	Forte baisse
MES (mg/l)	86	10	Bonne élimination
O₂ dissous (mg/l)	2	6	Re-oxygénation efficace

III-3-4 : DCO et DBO5 : évaluation de la pollution organique

Les paramètres DCO (demande chimique en oxygène) et DBO5 (demande biologique en oxygène sur 5 jours) sont utilisés pour quantifier la pollution organique dans l'eau. Leur réduction est un indicateur direct de la performance biologique du traitement (tableau III-4).

La diminution importante de de la **DBO5** de 80 à 10 mg/L (-87,5 %) et de la **DCO** de 192 à 36 mg/L (-81 %) que **la charge organique biodégradable a été efficacement éliminée**, ce qui est un indicateur clé de la performance du traitement biologique [26], [27], [31]

Tableau III- 4 : Évolution des concentrations en DCO et DBO5

Paramètre	Entrée	Sortie	Réduction (%)
DCO (mg/l)	192	36	81,25 %
DBO5 (mg/l)	80	10	87,5 %

III-3-5 : Azote total et phosphate

Les formes azotées (azote total, nitrates, nitrites) et les phosphates sont des nutriments dont l'excès peut entraîner l'eutrophisation des milieux aquatiques. Leur élimination est donc essentielle pour limiter l'impact environnemental des rejets (tableau III-5).

Les transformations de l'azote ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$) via nitrification sont caractéristiques des procédés biologiques [27], [28], [32].

Les **phosphates** ont aussi été partiellement éliminés, mais leur présence résiduelle reste un enjeu pour l'eutrophisation [31].

Ces valeurs montrent une **transformation efficace de l'azote** via les étapes de nitrification, mais une certaine **quantité résiduelle reste présente**, notamment sous forme de nitrates. Le phosphate est également partiellement éliminé.

Tableau III- 5 : Concentration des composés azotés et phosphatés en entrée et en sortie

Paramètre	Entrée	Sortie	Remarque
Azote total (mg/l)	~43,7	~5,6	Bonne réduction
Nitrites (mg/l)	0,092	0,561	Augmentation due à la nitrification
Nitrates (mg/l)	0,18	1,02	Présence accrue : processus de nitrification
Phosphate (mg/l)	0,849	0,359	Bonne élimination partielle

III-3-6 : Volume de décantation (V30)

La valeur mesurée de **270 mL** pour le test V30 (volume décanté en 30 min) indique une **bonne aptitude des boues à la décantation**, reflet de l'équilibre du système biologique [27], [29].

III-4 : Récapitulatif des résultats d'analyse

Les premières observations visuelles et olfactives des échantillons prélevés ont permis d'évaluer l'impact du traitement sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau. Ces données donnent une première indication qualitative de l'efficacité du système (tableau III-6).

Une conductivité de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en entrée montre une forte teneur en sels et ions dissous dans les eaux usées (détergents, urines, déchets ménagers, etc.).

En sortie, la conductivité baisse légèrement à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui indique que certains ions ont été réduits pendant le traitement, mais la majorité est restée en solution.

Cela est habituel car la plupart des stations d'épuration classiques (traitement biologique et physique) ne ciblent pas spécifiquement les sels minéraux. Pour une réduction marquée, il faut un traitement tertiaire spécifique (osmose inverse, etc.).

Tableau III- 6 : Evolution des caractéristique organoleptique, physico-chimique et biologique de l'eau à l'entré et la sortie de STEP de Bouzedjar-Ain temouchent

Paramètre	Amélioration notable ?	Interprétation
Odeur & Couleur	✔ Oui	Passage de "marron et désagréable" à "transparent et sans odeur" = traitement efficace sur l'aspect visuel et olfactif.
Température	✘ Diminue à 11,5°C	Peut-être dû à l'environnement de la station (climat extérieur, aération).
pH	✔ Plus basique	Passage de 7,78 à 8,74 : l'aération ou le dégazage du CO_2 augmente le pH.
Turbidité & MES	✔ Forte baisse	Turbidité : 41 → 6,6 NTU ; MES : 86 → 10 mg/l. Bonne élimination des matières en suspension.
Oxygène dissous	✔ Amélioration forte	2 → 6 mg/l : l'aération a enrichi l'eau en O_2 , bénéfique pour la faune aquatique.
DCO / DBO5	✔ Très bonne baisse	DCO : 192 → 36 mg/l ; DBO5 : 80 → 10 mg/l. Matière organique bien dégradée (baisse > 80 %).
Azote & Phosphore	✔ Réduction visible	Azote total passe de ~43,7 à ~5,6 mg/l, phosphate de 0,849 à 0,359. Bon traitement mais azote résiduel encore notable.

III-5 : Statistique des Paramètres physico-chimique et biologique de l'eau brute et traité de la STEP dans différentes périodes saisonnières de l'année 2024

Tableau III- 7 : pH (Potentiel hydrogène)

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	7,6	7,56	7,49	7,63	7,98	7,35	7,69	8,02	7,85	7,28	7,92
Eau traitée	7,79	7,7	7,98	7,92	8,1	7,63	8,12	8,82	8,03	7,59	8,14

Observation : Le pH des eaux brutes est légèrement basique (7,28–8,02), et après traitement il devient plus stable et s'élève légèrement (7,59–8,82).

Interprétation : La station joue bien son rôle de régulation du pH. Les valeurs restent dans les normes de rejet (généralement entre **6,5 et 8,5**, parfois toléré jusqu'à 9). Cela indique un bon **équilibre acido-basique** post-traitement.

Tableau III- 8 : Conductivité électrique (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}$

\	Février	Mars	Avril	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	2700	3400	2500	2100	2600	2600	3800	3250	3200
Eau traitée	2200	3200	2300	2500	2700	3600	4000	2430	2400

Observation : La CE reste élevée après traitement, et parfois elle augmente même (ex. juillet-août).

Interprétation : Le traitement ne permet pas une réduction suffisante des **sels dissous**. Cela peut être dû à :


La nature des rejets (domestiques riches en ions),

Une absence de traitement tertiaire (osmose inverse, échange d'ions...).

Cela pose un **risque pour l'irrigation** ou la **vie aquatique** en cas de rejet.

Tableau III- 9 : MES (matière en suspension) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	356	284	400	229	216	237	189	582	174	381	260
Eau traitée	25	37	45	32	34	18	6	114	80	62	49

 **Observation** : Forte réduction de MES (ex. janvier : 189 → 6 mg/L).


 **Interprétation** : Le traitement primaire/secondaire est très efficace pour la **décantation** et le traitement par les boues actifs. Les résultats montrent un bon rendement global.

Tableau III- 10 : DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	360	430	320	360	370	380	220	460	180	210	450
Eau traitée	26	34	25	27	6	14	29	37	47	40	37



-  **Observation** : Réduction très nette, ex. mai : 370 → 6 mg/L.
-  **Interprétation** : Excellent traitement biologique. La charge organique biodégradable est bien réduite, ce qui reflète une **bonne activité microbienne** dans les bassins.

Tableau III- 11 : DCO (Demande Chimique en Oxygène) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	738	745	726	713	593	450	805	546	371	415	560
Eau traitée	48	36	32	57	40	49	90	90	190	94	104




-  **Observation** : Diminution forte, même si parfois elle reste élevée (ex. septembre : 371 → 190).
-  **Interprétation** : Le traitement est globalement **efficace** pour réduire la pollution organique globale (biodégradable et non biodégradable). La **DCO finale reste parfois un peu haute**, il serait utile de vérifier la nature des rejets.

Tableau III- 12 : Turbidité en FTU

\	Février	Mars	Avril	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	198	162	177	479	297	335	122	376	162
Eau traitée	29	27	36	18,2	4,9	67	84	54	27

 **Observation** : Réduction significative de la turbidité, sauf en juillet/août où elle augmente.


 **Interprétation** : Bonne clarification générale, mais les **pics en été** peuvent indiquer un **dysfonctionnement ou surcharge** (hautes températures, afflux de population estivale).

Tableau III- 13 : Oxygène dissous (O₂) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	0,36	0,13	1,13	0,98	1,28	0,37	0,86	1,15	5,02	0,65	1,27
Eau traitée	6	9,55	9,51	11,07	11,74	5,52	7,44	10,58	9,44	10,34	8,39




-  **Observation** : Très forte augmentation après traitement (ex. février : 0,13 → 9,55 mg/L).
-  **Interprétation** : Le traitement favorise l'**oxygénation** (aération active). Bon indicateur d'une **eau bien traitée**, favorable à la vie aquatique.

Tableau III- 14 : Volume d'eau en m³


\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	686,77	597,89	391,57	922,1	870	850,52	1573	1875	2025,26	946,31	865
Eau traitée	652,42	568	372	876	827	808	1495	1782	1924	899	822

 **Observation** : Légère diminution entre eau brute et eau traitée.

 **Interprétation** : Perte normale par **évaporation** ou **boue résiduelle**. Rien d'inquiétant

Tableau III- 15 : NH₄⁺ (Ammonium) en mg/l


\	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	59,39	54,12	60,12	62,74	48,63	54,34	62,97	71,02	63,57	25
Eau traitée	12,79	12,26	15,34	13,83	13,06	27,54	65,72	54,73	24,48	14,87

 **Observation** : Réduction nette sauf en juillet-août où ça remonte fortement.

 **Interprétation** : Très bon rendement de nitrification sauf pendant l'été où le processus biologique semble affaibli. À surveiller.

Tableau III- 16 : NO₂⁻ (Nitrites) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	0,184	0,176	0,153	0,212	0,304	0,183	1,054	0,192	0,196	0,182	0,015
Eau traitée	0,07	0,06	0,072	5,37	0,197	0,114	0,06	0,124	0,081	0,039	0,136

 **Observation** : Faibles valeurs sauf un pic anormal en avril (5,37 mg/L).


 **Interprétation** : Le pic d'avril reflète un dysfonctionnement du processus de nitrification, ou une forte charge ammoniacale mal traitée.

Tableau III- 17 : NO₃⁻ (Nitrates) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	0,48	1,38	0,924	0,57	0,34	0,192	0,3	0,32	0,2	0,126	2,13
Eau traitée	0,19	0,25	1,32	4,93	0,15	0,026	0,04	0,17	0,14	1,17	10,25

 **Observation** : Augmentation après traitement dans plusieurs mois.


 **Interprétation** : C'est normal dans le processus de nitrification (NH₄⁺ → NO₃⁻), mais il faut veiller à ce que les valeurs ne dépassent pas les normes de rejet (< 50 mg/L). Le pic en décembre (10,25 mg/L) reste acceptable.

Tableau III- 18 : PO₄³⁻ (Phosphates) en mg/l

\	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
Eau brute	7,7	7,18	5,16	2,58	0,29	1,97	2,2	1,64	2,53	2,8	4,56
Eau traitée	1,85	1,67	1,44	1,68	0,588	0,974	0,96	0,823	1,55	1,68	1,08

 **Observation** : Bonne réduction dans tous les mois.

Interprétation : Efficacité de la précipitation chimique (ou biologique) des phosphates. Important pour **éviter l'eutrophisation** des milieux récepteurs.

III-6 : Comparaison récapitulatif des Paramètres de DCO, DBO5 et MES de l'eau brute et traité de la STEP dans différentes périodes

Le tableau III-19 présente trois paramètres de rendement liés à la qualité de traitement des eaux usées en des périodes différentes :

- **MES (Matières en Suspension)**
- **DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours)**
- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)**

La figure III-1 illustre les résultats obtenus et regroupés dans le tableau ci-dessus. Les résultats montrent une diminution significative des rendements de traitement en février 2024 et 2025 par rapport aux performances maximales de l'année de 2024, avec une baisse particulièrement marquée pour la DCO. Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons (maintenance, variation de la charge polluante, conditions opérationnelles et même le facteur environnemental).

On remarque également, que le rendement maximal de l'année 2024 est en période printemps-été par contre notre étude qui est en hiver, donc c'est logique les facteurs environnementaux affectent le traitement des eaux (Tableau III-).

Tableau III- 19 : Comparaison des rendements de traitement de la STEP dans les années 2024 et 2025

\	η max2024-saison	η février 2024	η février 2025
MES	96,83%- été	86,97%	88,37%
DBO5	98,38%- Printemps	92,09%	87,50%
DCO	96,83%- Printemps	95,17%	81,25%

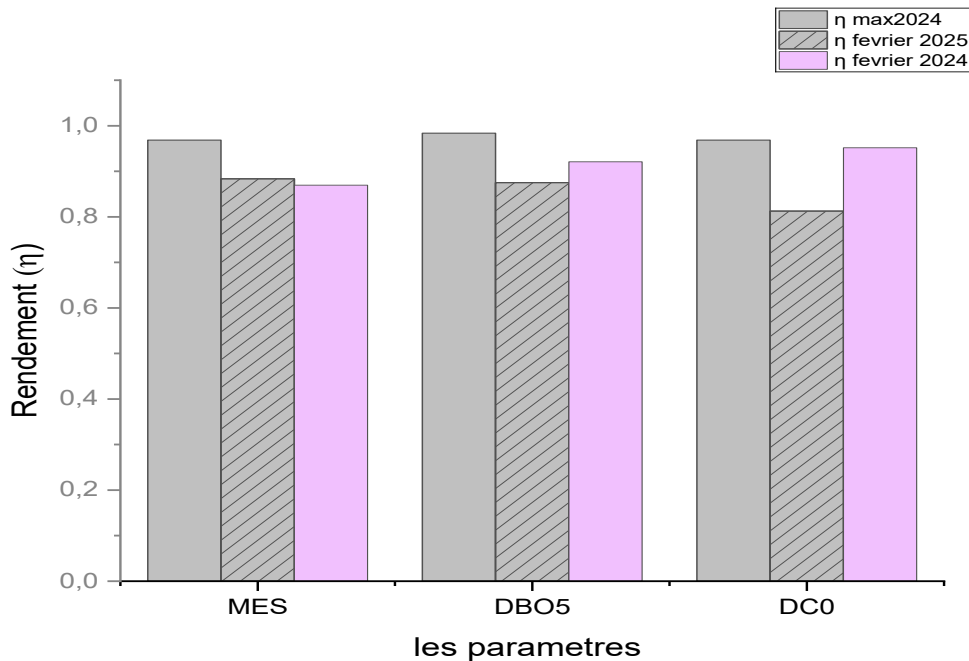


Figure III- 1: Présente les rendements des trois paramètres à la qualité de traitement des eaux usées en des périodes différentes

III-6-1 : Interprétation des résultats de rendement

Analyse comparative :

Performance globale en baisse en février 2025 : Tous les rendements sont inférieurs aux valeurs maximales de 2024, ce qui peut indiquer une dégradation des conditions de traitement, un changement dans la qualité ou la charge des effluents, ou un dysfonctionnement temporaire des installations.

- ✧ **DCO la plus affectée :** La baisse la plus importante est observée sur la DCO, ce qui pourrait signifier que les composés chimiques plus difficiles à dégrader sont moins bien traités, ou que la charge polluante a augmenté en complexité.

- ✧ **MES et DBO5 relativement proches** : La baisse du rendement MES est moins prononcée que celle de la DBO5, ce qui peut suggérer que l'élimination des particules en suspension est moins impactée que la dégradation biologique de la matière organique.
- ✧ **Comparaison selon le facteur environnemental** : on remarque que le rendement maximal de l'année 2024 est en période printemps-été par contre notre étude qui est en hiver, donc c'est logique les facteurs environnementaux affectent le traitement des eaux.
- ✧ **Le volume de l'eau brute et l'eau traitée** : Le facteur volume peut affecter le rendement, car le volume d'eau traitée en « été » n'est pas le même qu'en hiver. On constate qu'en été le volume d'eau est important par rapport à ce qu'il est en hiver, il peut parfois atteindre 2000 m³, et donc le rendement change. Plus le volume est important, plus le rendement est élevé.

III-7 : Conclusion :

Les résultats obtenus montrent que la station d'épuration étudiée fonctionne efficacement pour éliminer la majorité des polluants organiques, réduire la turbidité et améliorer les qualités sensorielles de l'eau. La **charge organique biodégradable** (DBO5), les **matières en suspension**, et le **phosphate** ont été significativement réduits. Toutefois, la **conductivité reste élevée** comparée à celle de l'eau potable ou des eaux naturelles, ce qui indique une **présence résiduelle de sels minéraux**. Un traitement complémentaire serait nécessaire pour certains usages ou rejets dans des zones écologiquement sensibles.

Le traitement des eaux est efficace pour réduire les paramètres physiques et chimiques de l'eau (turbidité, conductivité, pH) ainsi que les paramètres liés à la pollution (DBO5, DCO, MES, ammonium, phosphates). Cependant, des ajustements peuvent être nécessaires pour améliorer la gestion de la conductivité et des pics de nitrites, notamment pendant les mois estivaux :

Ainsi, la meilleure production et efficacité du traitement semblent se produire au printemps et en été pour la majorité des paramètres, mais le traitement de la DCO et des phosphates est plus efficace en automne et hiver.

Conclusion générale

La problématique de la pollution hydrique due aux rejets domestiques et urbains constitue une menace croissante pour les écosystèmes aquatiques, la santé publique et la disponibilité des ressources en eau. Face à ces enjeux, le traitement des eaux usées par des stations d'épuration performantes représente une solution indispensable. L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'efficacité de la station d'épuration de Bouzedjar, exploitée par l'ONA, dans le traitement des eaux usées d'origine domestique, à travers une analyse comparative de la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station.

Les résultats obtenus ont montré une nette amélioration de la qualité de l'eau après traitement:

- La **matière organique** a été fortement réduite, avec une diminution significative des valeurs de **DBO5** (de 80 à 10 mg/L) et de **DCO** (de 192 à 36 mg/L).
- Les **matières en suspension (MES)** ont chuté de 86 mg/L à 10 mg/L, et la **turbidité** a été fortement réduite.
- Le taux d'**oxygène dissous** est passé de 2 à 6 mg/L, signe d'un bon rééquilibrage de l'eau.
- Les nutriments tels que l'**azote total** et les **phosphates** ont également été diminués, bien que certains résidus azotés soient encore présents sous forme de nitrates et nitrites.

Cependant, un point important reste à souligner : la **conductivité électrique** de l'eau épurée reste relativement élevée (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ce qui montre une **présence résiduelle d'ions dissous**.

Par comparaison :

- L'eau du robinet présente généralement une conductivité de 200 à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- L'eau minérale varie entre 500 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- L'eau distillée a une conductivité inférieure à 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cela signifie que, bien que conforme à l'usage agricole ou au rejet dans un milieu naturel moyennement sensible, l'eau épurée n'est pas encore adaptée pour des usages plus exigeants (réutilisation domestique, milieux aquatiques fermés, etc.), sans traitement tertiaire complémentaire.

L'analyse saisonnière révèle également que les **meilleurs rendements** sont observés au **printemps et en été** pour MES et la majorité des paramètres biologiques (DBO5, DCO).

Perspectives et recommandations

- Intégrer un **traitement tertiaire** (filtration membranaire, osmose inverse, résines échangeuses d'ions, photocatalyse hétérogène, ozonation...) pour améliorer la qualité ionique de l'eau, surtout si la réutilisation pour irrigation ou rejet dans une zone côtière sensible est envisagée.
- Renforcer la **surveillance continue** des paramètres comme la conductivité, les nitrates et les micropolluants (médicaments, métaux lourds, etc.).
- Promouvoir la **valorisation des boues** produites, riches en éléments fertilisants, à travers leur compostage ou utilisation en agriculture contrôlée.
- Encourager la **sensibilisation des citoyens** à l'importance de ne pas rejeter de substances dangereuses dans les réseaux d'assainissement.

Ce travail constitue une base solide pour des recherches futures sur l'amélioration des procédés de traitement biologique et l'intégration de solutions plus avancées, dans le but de rendre la station d'épuration plus durable, efficace et adaptée aux exigences environnementales modernes.

Référence bibliographique

- [1] “L’UTILISATION SANS RISQUE DES EAUX USÉES, DES EXCRETA ET DES EAUX MÉNAGÈRES,” *OMS*, vol. 3, pp. 1–219, 2020.
- [2] “Wastewater management-A UN-water analytical brief,” *UN WATER*, New York, 2015.
- [3] “Water reuse for agriculture in the Near East and North Africa,” FAO.
- [4] “Rapport d’activités annuel,” *ONA (Office National de l’Assainissement)*, Algerie, 2023.
- [5] “Strategie nationale de reutilisation des eaux usees traitees ,” *Ministre des ressources en Eau et de la securite hydrique (MRE)*, 2022.
- [6] S. Belarbi, “Etat des lieux des STEP en Algerie : enjeux et perspectives,” *Revue des Science de l’Eau*, vol. 32, 2022.
- [7] H. Saifi, R. Saifi, M. Benabdelkader, M. Saidi, and Y. Mabrouk, “Impact des stations d’épuration des eaux usees sur l’environnement,” pp. 87–91, 2018.
- [8] N. BEKKARI, “Etude et suivi de procédé d’épuration des eaux usées sous climat aride (simulation par l’application des méthodes d’intelligence artificielle) cas de la station d’épuration de Touggourt.,” These de Doctorat, Universite Ouargla, 2020.
- [9] R. SALAMKOUR, “Influence des rejets des stations d’épuration sur la qualite physico-chimique de l’eau dans le milieu recepteur Cas de l’Oued Boghni,” Memoire de master, Universite de Tizi-Ouzou, 2023.
- [10] M. Ait Aoudia and T. Aissat, “Influence des rejets des stations d’épuration sur la qualite physico-chimique de l’eau du milieu recepteur : cas de la station d’épuration EST de Tizi-Ouzou,” Memoire de master, Universite Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2023.
- [11] B. BENKADDOUR, “Contribution a l’etude de la contamination des eaux et des sediments de l’Oued Cheliff (Algerie),” These de Doctorat, Universite Abdelhamid Ibn Badis Mosstaganem, 2018. [Online]. Available: <https://theses.hal.science/tel-01955103v1>
- [12] S. DJEGHNOUNE, “Procédé d’épuration des eaux usees de BOUZEDJAR et la minimisation des boues excedentaire,” 2024.

- [13] “Rapport sur la valorisation des eaux epurees et la rehabilitation de la station d’epuration d’El kerma,” *Office National de l’Assainissement (ONA) Oran*, Algerie, 2022.
- [14] “Donnees sur la station d’epuration de Cap Falcon et son utilisation pour l’irrigation agricole,” *Office National de l’Assainissement (ONA) Oran*, Algerie, 2022.
- [15] “Rapport sur la gestion des ressources hydriques et les stations d’epuration a Annaba,” *Ministre des Ressources en Eau*, Algerie, 2021.
- [16] “Rapport interne sur la station d’epuration de Mostaganem,” *Office National de l’Assainissement (ONA) Mostaganem*, Algerie, 2022.
- [17] “Rapport sur les projets d’infrastructures d’assainissement en cour a Sidi Bel Abbes,” *Direction des Ressources en Eau et de l’Assainissement (DREW) Sidi Bel Abbes*, Algerie, 2023.
- [18] “Rapport environnemental sur la qualite des eaux traitees a Saïda,” *Conseil National de l’Environnement et de Developpement durable*, Algerie, 2021.
- [19] “Rapport sur la gestion de l’eau et les stations d’epuration a El Bayadh,” *Direction des Ressources en Eau et de l’Assainissement (DREW) El Bayadh*, Algerie, 2021.
- [20] “Rapport annuel sur le fonctionnement des stations d’epuration dans la region Est,” *Office National de l’Assainissement (ONA) Est*, Skikda, Algerie, 2020.
- [21] Y. AIT AMIRI, “ETUDE DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DE LA STATION D’EPURATION DE BARAKI,” *Ecole Nationale Polytechnique*, 2012.
- [22] “Rapport sur le traitement des eaux usees a Djanet,” *Office National de l’Assainissement (ONA) Sud*, Illizi, Algerie, 2019.
- [23] F. BENMEDJAHED and K. BENKOU, “Exploitation de la station d’epuration de la ville d’Ain Temouchent,” *Master, Universite BELHADJ Bouchaib*.
- [24] D. E. NACHI and F. NEDJADI, “La reutilisation des eaux usees epurees de la STEP de Bouzedjar.Memoire de master, Universite d’Ain Temouchent, 2018 ”,
- [25] M. S. METAHRI, “ELIMINATION SIMULATION DE LA POLLUTION AZOTEE ET PHOSPHATEE DES EAUX USEES TRAAITEES, PAR DES PROCEDES MIXTES. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou,” *These de Doctorat, Universite MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou*, 2012.

- [26] J. Rodier, B. Legube, and N. Merlet, *L'analyse de l'eau*, 9th ed. in *L'analyse de l'eau*. Dunod, 2009. [Online]. Available: <https://books.google.dz/books?id=g2BiPwAACAAJ>
- [27] M. Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Ressource Recovery*. in McGraw-Hill series in civil and environmental engineering. McGraw-Hill Education, 2013. [Online]. Available: https://books.google.dz/books?id=_WV6CgAAQBAJ
- [28] G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel, and M. & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. in McGraw-Hill higher education. McGraw-Hill, 2003. [Online]. Available: https://books.google.dz/books?id=_iBSAAAAMAAJ
- [29] R. Baird *et al.*, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd ed. American Public Health Association, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.dz/books?id=V2LhtAEACAAJ>
- [30] F. D. Suzuki, *L'eau que nous buvons: les normes et recommandations en matière de qualité de l'eau potable : une comparaison internationale : sommaire exécutif*. in Série Un environnement en santé, des Canadiens en santé. Fondation David Suzuki, 2006. [Online]. Available: https://books.google.dz/books?id=J_3rtAEACAAJ
- [31] C. BOUTIN, *Traitement des eaux usees et protection de l'environnement*. 2005.
- [32] H. DJELAL, *Traitement et epuration des eaux usees*. 2011.