

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued



Faculté de technologie

Département d'hydraulique et de génie civil

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtention du diplôme du Master en Hydraulique

Option : Conception et diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

THEME

**Étude de la biodégradabilité de la matière organique dans les
eaux usées de la région d'El Oued.**

Dirigé par :

- ❖ Pr. OUAKEOUAK Abdelkader
- ❖ Dr. BOUCHEMAL FATTOUM

Présenté par

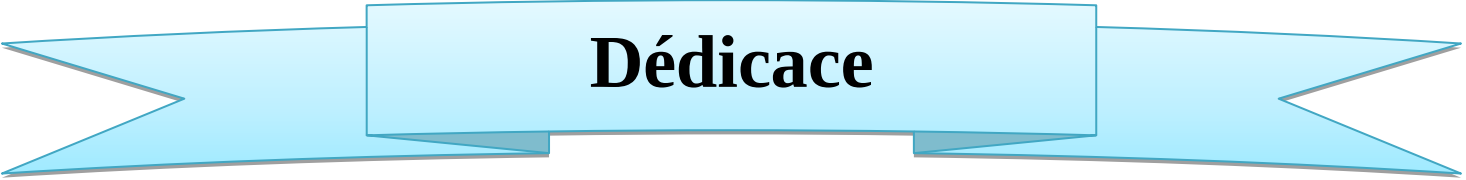
Bahana Bachir
Salim Touahri

Année Académique : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous exprimons notre profonde gratitude à Allah, qui nous a accordé la force, la patience et l'opportunité de poursuivre notre parcours scientifique. Nous remercions également notre encadrant, **Professeur OUKOUAK Abdelkader**, pour son accompagnement et ses conseils précieux tout au long de ce travail. Nous exprimons notre reconnaissance à **Mme BOUCHEMAL FATTOUM**, qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner notre mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs de la spécialité et à tous les travailleurs et employés de l'université sans exception. Également, le directeur de la station 02 et l'honorable **M. Kiram Ala Eddine** pour nous aider à mener à bien ce travail.



Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Avec une profonde gratitude envers Allah, qui par Sa grâce et Sa bienveillance, m'a permis de mener à bien ce travail. Je dédie ce modeste effort à:

- **Mes chers parents**, qui ont tout sacrifié pour mon bonheur et mon éducation. Votre amour inconditionnel et vos prières ont été ma plus grande force.
- **Mes frères et sœurs**, pour votre soutien indéfectible et votre présence à chaque étape de mon parcours.
- **Mes amis précieux**, qui ont illuminé ce chemin par leur encouragement et leur amitié sincère.

Un merci infini à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce rêve. Que Dieu vous récompense abondamment.

Toute ma reconnaissance va d'abord à Allah, Le Tout-Puissant.

Résumé

Les problèmes biologiques sont très fréquents et compliqués, ils limitent la fiabilité et les performances des stations d'épuration, donc il est difficile de contrôler l'assurance de leur bon fonctionnement.

Cette étude vise à évaluer la biodégradabilité des matières organiques présentes dans les eaux usées urbaines, en prenant comme modèle d'application la station d'épuration « Station 02 » située dans la région de Oued. L'importance de ce travail réside dans l'analyse de l'efficacité des étapes de traitement biologique, ainsi que dans la capacité des micro-organismes à décomposer les matières organiques et à les transformer en composés simples et non toxiques, contribuant ainsi à la réduction de l'impact environnemental.

Les résultats ont montré que la demande chimique et biologique en oxygène a affiché des performances satisfaisantes tout au long des années d'étude, reflétant ainsi une amélioration significative de la biodégradabilité des matières organiques dans les eaux usées urbaines.

Ces résultats ont également révélé que la station d'épuration des eaux usées « Station 02 » fonctionne globalement de manière satisfaisante, mais qu'elle rencontre certaines difficultés liées à une mauvaise gestion et exploitation, ce qui peut affecter par moments l'efficacité du traitement.

Abstract

Biological problems are very common and complicated, they limit the reliability and performance of wastewater treatment plants, so it is difficult to control the assurance of their proper functioning. This study aims to evaluate the biodegradability of organic matter present in urban wastewater, taking as an application model the "Station O2" treatment plant located in the Oued region. The importance of this work lies in the analysis of the effectiveness of the biological treatment stages, as well as the ability of microorganisms to decompose organic matter and transform it into simple and non-toxic compounds, thus contributing to the reduction of environmental impact. The results showed that chemical and biological oxygen demand (COD) performance was satisfactory throughout the study years, reflecting a significant improvement in the biodegradability of organic matter in urban wastewater.

These results also revealed that the "Station O2" wastewater treatment plant is operating satisfactorily overall, but that it faces some challenges related to poor management and operation, which can occasionally affect treatment efficiency.

Table des matières

Table des matières	III
Liste de tableau	V
Liste des figures	V
Liste des photos	VI
Liste d'abréviation	VII
Introduction Générale	IX
Chapitre I Généralités sur les eaux usées urbaines	
I.1.Introduction	1
I.2.Définition des eaux usées urbaine	1
I.3.Origine et Composition des eaux usées	1
I.3.1. Les eaux usées domestiques	1
I.3.2. Les eaux usées industrielles	1
I.3.3. Les eaux irrigations	2
I.3.4. Les eaux de ruissèlement	2
I.4. Système d'assainissement	2
I.4.1. Le Système unitaire	2
I.4.2. Le système séparatif	2
I.5. Les type de la pollution des eaux usées	4
I.5.1. La pollution des eaux usées	4
I.5.2. La pollution chimique	4
I.5.3. La pollution organique	4
I.5.4. D'autre type de pollution	4
I.6.Les paramètres et caractéristiques des eaux usées	5
I.6.1. Paramètres organoleptiques	5
I.6.2. Les paramètres physiques	5
I.6.3Les paramètres chimiques	6
I.7.Conclusion	11
Chapitre II Traitements biologiques	
II.1. Introduction	15
II.2. Définition du traitement biologique	15
II.3. Les procédés biologiques intensifs	15
II.3.1. Le procédé de lit bactérien	16
II.3.1.1. Principe de fonctionnement	16
II.3.1.2. Les avantage de traitement biologique par lits bactériens	16
II.3.1.3. Les inconvénients de traitement biologique par lits bactériens	17
II.3.2. Procédé de boues activées	17
II.3.2.1. Principe de fonctionnement	17
II.3.2.2. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées	18
II.3.3. Procédé de disques biologiques	19
II.3.3.1. Principe de fonctionnement	19
II.4. Procédés biologiques extensifs	20
II.4.1. Le lagunage (culture libre)	20
II.4.1.1. Lagunage naturel	20
II.4.1.2. Lagunage aéré	21
II.5. Nitrification et dénitrification	22

II.5.1. Étape de nitrification	23
II.5.2. Étape de dénitrification	23
II.5.3. Importance de la dénitrification	24
II.6. Conclusion	24
Chapitre III Présentation de Station D'épuration de "Hassani Abdel Karim"	
III.1. Introduction	27
III.2. Présentation de la wilaya d'El oued	27
III.3. Présentation de Hassani Abdel Karim	27
III.4. Présentation de la station d'épuration STEP 02	28
III.4.1. Données générales de la station	28
III.4.2. Procédés d'épuration des eaux usées dans la station	30
III.4.2.1. Prétraitement	30
A/ Equipement de dégrillage	30
B/ Dessablage	30
C/ Ouvrage de répartition	31
III.4.2.2. Traitement secondaire ou biologique des eaux usées	31
A. Première étape Lagunage d'aération	31
B. Deuxième étape Lagune d'aération	32
C. Lagunes de finition	32
III.4.2.3. Filière boues (déshydrations naturelle)	33
III.5. Conclusion	35
Chapitre IV	
IV.1. Introduction	37
VI.2. La variation de pollution	37
IV.2.1. La variation de pollution mensuel	37
A/ la concentration en DBO ₅	37
B/La concentration en DCO	38
C/La concentration de MES	38
D/Le taux de biodégradabilité DCO/DBO ₅	39
IV.2.2. Variation annuelle sur les années (2015, 2016, 2017, 2022 et 2023).	40
A/Variation annuelle de la DBO ₅	40
B/la variation de la demande chimique en oxygène DCO	41
C/Variation annuelle de la biodégradabilité DCO/DBO ₅	42
D/Variation annuelle de MES	42
E/ Variation annuelle de l'O ₂	43
F/Variation annuelle de la conductivité	44
G/ Variation annuelle de N-NH ₄ ⁺	45
H/ Variation annuelle de la valeur de pH	45
I/ Variation annuelle de la température de l'eau	46
IV.3. Conclusion	47

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Caractéristique des eaux usées domestique (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).	3
Tableau 2 : Normes de rejets internationales.	9
Tableau 3 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).	10
Tableau 4 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.	18
Tableau 5 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.	20
Tableau 6 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.	22
Tableau 7 : Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations	29
Tableau 8 : Lagunes d'aération (premier étage) A1, A2, A3 et Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3	34

Liste des figures

Titres	Page
Figure 1 : Schéma illustrant les réseaux séparatif et unitaire	03
Figure02 : Traitement biologique par lit bactérien (Perera et Baudot, 1991)	16
Figure 03 : Schéma du traitement biologique par boues activées	18
Figure 04 : Schéma du traitement biologique par disques biologiques (Perera et Baudot, 1991)	19
Figure 05 : Mécanisme de l'épuration par lagunage naturel	21
Figure 06 : Nitrification et dénitrification	23
Figure 07 : la situation géographique de la région d'El Oued (ANDEL, 2013)	27
Figure 08 : Situation géographique de la station d'épuration STEP 2	28
Figure 09 : station de lagunage aéré de Hassani Abdel Karim.	29
Figure 10 : le taux de variation de la concentration en DBO ₅ .	37
Figure 11 : la concentration de la demande chimique en oxygène de DCO.	38

Figure 12 : la courbe de concentration de matières en suspension MES	39
Figure 13 : Le taux de biodégradabilité DCO/DBO ₅ .	
Figure 14 : Variation annuelle de la DBO ₅ .	40
Figure 15 : Variation annuelle de la DCO.	41
Figure 16 : Variation annuelle de la biodégradabilité DCO/DBO ₅ .	42
Figure 17 : Variation annuelle de matières en suspension MES.	43
Figure 18 : Variation annuelle de l'O ₂ .	44
Figure 19 : Variation annuelle de la conductivité.	
Figure 20 : Variation annuelle de N-NH ₄ ⁺ .	45
Figure 21 : Variation annuelle de pH.	46
Figure 22 : Variation annuelle de la température.	46

Listes des photos

Titres	Page
Photo 01 : Lagunage aéré	21
Photo 02 : Dé grilleurs	30
Photo 03 : Déssableur	30
Photo 04 : Répartiteur dans bassins d'aération	31
Photo 05 : Lagune aéré step 2.	32
Photo 06 : Aérateur step 2.	32
Photo 07 : lagune de finition	33
Photo 08 : lits de séchage des boues.	33

Liste d'abréviation

COT : Carbone organique total.

Cv : La charge volumique exprimé en $\text{kg O}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{J}^{-1}$.

CE : La conductivité électrique, (ms/cm).

CO₂ : Carbone dissous.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant après 5 jours (mg/L).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/L).

Im : Indice de Mohlman (mg/L).

K : constatant de la biodégradabilité.

MES : Matière En Suspension (mg/L).

MMS : matière minérale sèche (mg/L).

MVS : matière volatile en suspension (mg/L).

MO : la matière oxydable.

N-org : Azote organique.

NTK : Azote total de Kjeldahl.

NO₃⁻ : Les nitrates.

NO₂⁻ : les nitrites.

ONA : Office National d'Assainissement.

O₂ : oxygène dissous.

PO₄⁻³: ortho phosphates (mg/l).

STEP : Station de traitement d'eau d'Assainissement.

Introduction Générale

Au cours des dernières décennies, la nécessité de protéger l'environnement et de préserver les ressources en eau est devenue une préoccupation majeure, en particulier face à l'industrialisation et à l'urbanisation croissantes.

L'évolution dans tous les domaines a entraîné une augmentation importante des quantités d'eaux usées chargées en substances polluantes que ce soit d'origine organique ou minérale.

Les eaux contaminées sont l'une des principales sources de pollution de l'environnement en raison de la présence de substances chimiques et biologiques pouvant altérer les écosystèmes aquatiques et représenter un risque pour la santé publique. Pour le cas des effluents urbains, la matière organique représente la majeure partie de la pollution. Selon sa composition, la matière organique peut être facilement biodégradable ou difficilement biodégradable. De plus, le choix de type de la filière de traitement adaptée pour l'eau usée est basé sur le facteur de biodégradabilité de l'effluent.

Dans ce contexte, la biodégradabilité de la matière organique apparaît comme un paramètre fondamental pour contrôler le taux de pollution non-biodégradable et pour évaluer l'efficacité des traitements biologiques et prévoir la qualité des eaux traitées.

La matière organique là, objet de notre étude, constitue un modèle représentatif d'un composé organique rejeté dans les eaux usées, d'origine industrielle ou domestique. La biodégradabilité se définit comme l'aptitude des micro-organismes tels que les bactéries et les champignons à décomposer des substances organiques en composés plus simples tels que l'eau, le dioxyde de carbone et la biomasse, sous certaines conditions environnementales. Cette propriété est un indicateur essentiel pour mesurer l'impact environnemental des composés organiques et évaluer les risques qu'ils peuvent représenter pour les ressources hydriques. Sur le plan sanitaire, l'étude de la biodégradabilité contribue à limiter l'exposition à des substances toxiques ou persistantes. Enfin, sur le plan réglementaire, elle est indispensable pour se conformer aux normes nationales et internationales en matière de rejet d'eaux usées traitées.

Le facteur de biodégradabilité dépend des conditions opératoires telles que la température, le pH et la disponibilité en oxygène ainsi que de la diversité microbienne présente dans l'eau.

Cette évaluation repose sur l'application de tests standardisés tels que la demande biochimique en oxygène DBO, la demande chimique en oxygène DCO et les tests de biodégradation ultime, qui fournissent des données quantitatives sur la vitesse et l'étendue de la dégradation.

Dans ce cadre, le présent mémoire a pour objectif de suivre la biodégradabilité de la matière organique dans les eaux usées urbaines. Il s'agira d'évaluer sa facilité ou sa difficulté de dégradation dans les eaux usées brutes et épurées.

Le mémoire s'articulera autour de plusieurs axes. Il commencera par un état de l'art sur les eaux usées, leurs caractéristiques et l'importance. Il présentera ensuite le traitement biologique des eaux usées urbaines et les différents procédés connus à travers le monde. La description de la zone d'étude et la méthodologie d'analyse des échantillons d'eau seront exposées. Enfin, une représentation des résultats avec les discussions appropriées ainsi qu'une conclusion générale avec des perspectives de recherche future viendront clôturer le mémoire.

Nous espérons que cette étude contribuera à enrichir la compréhension scientifique de la biodégradabilité des matières organiques dans les eaux usées urbaines de la région d'Oued Souf et à promouvoir des stratégies de traitement des eaux usées plus durables et respectueuses de l'environnement.



Chapitre I

Généralité sur les eaux usées Urbaines

Introduction

L'eau usée urbaine représente les eaux rejetées par les ménages, les équipements publics, les commerces et certaines unités industrielles situées dans le tissu urbain. Ces eaux contiennent de divers contaminants, notamment la matière organique, des substances chimiques et des micro-organismes, ce qui peut dégrader le milieu récepteur si elles ne sont pas correctement épurées. C'est pourquoi des systèmes d'assainissement et des stations d'épuration sont mises en place pour gérer ces eaux.

Le présent chapitre donne un aperçu sur l'origine des eaux usées, les principaux contaminants présents dans les eaux usées urbaines, ainsi que les divers paramètres de pollution.

I.1. Définition de l'eau usée

Désignent les effluents liquides générés par les agglomérations urbaines, issus principalement des usages domestiques, commerciaux et parfois industriels, ainsi que du réseau de drainage des eaux pluviales. Dans le domaine de l'hydraulique, elles représentent un débit à collecter, transporter et traiter via des systèmes d'assainissement adaptés, afin de prévenir les risques d'inondation, de pollution des milieux récepteurs et de dégradation de la qualité des ressources en eau. Leur gestion efficace constitue un enjeu majeur de l'ingénierie hydraulique urbaine.

I.2. Origine et composition des eaux usées

Les eaux usées urbaines proviennent de plusieurs sources selon l'activité humaine dans le tissu urbain. Leur composition est plus ou moins complexe et très variée, car elles peuvent contenir un mélange de substances organiques, minérales, et biologiques. Selon leur origine, les eaux usées peuvent être classées en plusieurs types.

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Ce sont les eaux proviennent des activités quotidiennes des ménages, telles que :

-  Les eaux de lessives.
-  Eaux de cuisine (eaux de vaisselle).
-  L'hygiène personnelle (douche, salles de bains).
-  Les eaux de toilettes (contenant des matières fécales et de l'urine).

I.2.2. Les eaux usées industrielles

Elles représentent les eaux issues des processus de fabrication industrielle et peuvent contenir une pollution spécifique tels que :

- ☒ Des éléments métalliques (plomb, cadmium, zinc).
- ☒ Des substances chimiques nocifs (pesticides, solvants, hydrocarbures).
- ☒ Des substances organiques complexes (médicaments).

I.2.3. Les eaux d'irrigation

L'activité agricole est le principal consommateur de l'eau à l'échelle mondiale (Richarde C, 1996). Les pollutions issues de l'agriculture sont notamment :

- ❖ Le lessivage d'azote et du phosphore (issus des engrais) par les eaux de ruissellement.
- ❖ La dispersion de produits de protections des végétaux (pesticides).
- ❖ La migration de éléments tels que le sulfate de cuivre issus de produits utilisés pour la protection des cultures (Richarde C, 1996).

I.2.4. Les eaux de surface

Elles sont principalement les eaux de pluie (routes, toits, trottoirs) et les eaux de lavage des voies publiques, et qui peuvent contenir :

- ✚ Des matières solides (feuilles, plastiques, sable).
- ✚ Des hydrocarbures (huiles d'automobiles, carburants).
- ✚ Des contaminants atmosphériques déposés sur les surfaces.

I.3. Système d'assainissement

Le réseau public est un ensemble d'ouvrages destinés à collecter et à transporter les eaux usées du milieu urbain vers la station d'épuration. On distingue généralement :

I.3.1. Le Système unitaire

L'évacuation des eaux est effectuée à l'aide d'un seul collecteur qui recueille à la fois les eaux usées et les eaux de ruissellement. Ce système nécessite des ouvrages d'égouts et une station d'épuration relativement importants afin de pouvoir gérer les pointes des eaux de pluie.

I.4.2. Le système séparatif

L'évacuation des eaux est assurée par deux collecteurs distincts : l'un dédié aux eaux usées et l'autre aux eaux de ruissellement.

Ce type de système est basé sur la séparation des réseaux en fonction de la nature des effluents. Il présente plusieurs avantages :

- Il permet une évacuation rapide et efficace des eaux les plus polluées, sans contact avec l'extérieur.
- Il garantit un fonctionnement régulier et optimal à la station d'épuration chargée de traiter les eaux collectées.
-

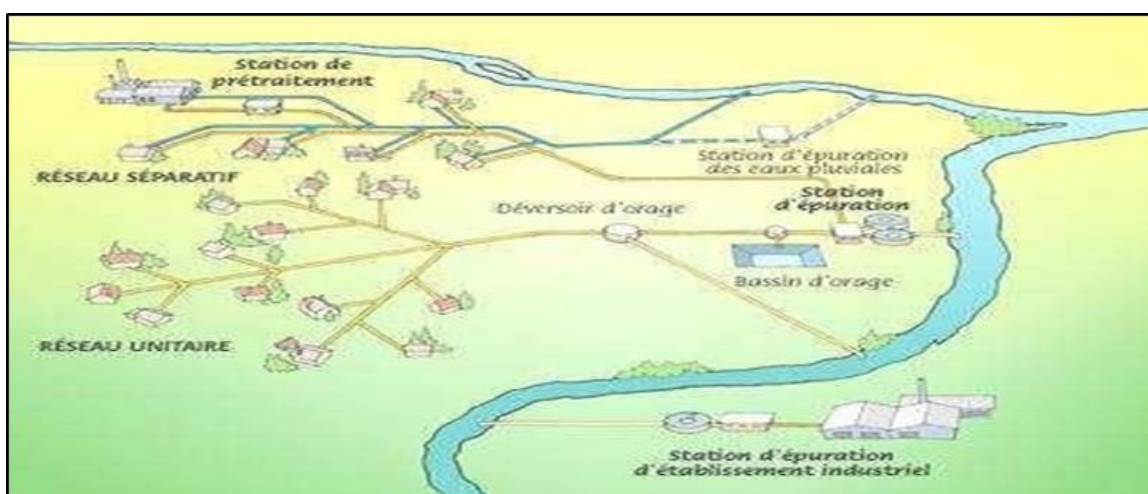


Figure 01 : Schéma illustrant les réseaux séparatifs et unitaire.

Tableau1 : Caractéristique des eaux usées domestique (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

PARAMETRES		Échelle de variation	Fraction décan tables
pH		7,5 à 8, 5	10 %
Extrait sec	(mg/L)	1000 à 3000	50 à 60 %
MES totales	(mg/L)	100 à 400	25 à 30 %
DBO ₅	(mg/L)	150 à 500	30 %
DCO	(mg/L)	300 à 1000	30 %
COT	(mg/L)	100 à 300	< 10 %
NTK	(mg/l)	30 à 100	0 %
N-NH ₄ ⁺	(mg/L)	20 à 80	0 %

N-NO ₂ ⁻	(mg/L)	< 1	0 %
N-NO ₃ ⁻	(mg/L)	< 1	
Détergents	(mg/L)	6 à 13	10 %
Protal	(mg/L)	10 25	

I.4. La pollution des eaux usées

I.4.1. Les type de la pollution des eaux usées

La pollution ou la contamination de l'eau est l'altération de ses propriétés physiques, chimiques ou biologiques, causée par un déversement d'un rejet ou de dépôts, directs ou indirects, de substances indésirables. Ces contaminants peuvent inclure des microorganismes, des substances toxiques ou des déchets industriels. En fonction de leur nature, on distingue différents types de pollution (Abd-el-Kader, 1984).

I.4.2. La pollution chimique

Elles résultent surtout des rejets chimiques, notamment d'origine industrielle. La contamination des eaux par des substances chimique se divise en deux catégories principales :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols, etc.) ;
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore, etc.), (Technique de l'ingénieur, année).

I.4.3. La pollution organique

Elle fait le plus souvent la part la plus importante de la pollution, elle peut être provenir de différentes activités (domestiques, industrielles, agricoles). Pour le cas des eaux usées urbaines, on distingue la matière organique courantes telle que les protides, les glucides et les lipides, ainsi que les détergents, les huiles et les goudrons (Abdelkader, 1984).

I.4.4. autre type de pollution

- Pollution microbiologique.
- Pollution thermique.
- Pollution radioactive.
- Pollution par hydrocarbures.

- Pollution physique.
- Pollution par le phosphore.
- Pollution par l'azote.

I.5. Caractéristiques des eaux usées

Les paramètres de pollution peuvent être classés en trois catégories : des paramètres physiques, des paramètres chimiques et des paramètres organoleptiques.

I.5.1. Paramètres organoleptiques

- **Couleur**

La couleur des eaux usées industrielles est souvent grise, ce qui indique la présence de matières organiques dissoutes, de matières en suspension (MES), d'hydroxyde de fer ferrique, de fer ferreux lié à des complexes organiques, ainsi que de diverses particules colloïdales.

- **Odeur**

Les eaux résiduaires industrielles se distinguent souvent par leur odeur. L'odeur désagréable est un indicateur de pollution, résultant de la présence de matières organiques en décomposition (Mizi A, 2006).

I.5.2. Les paramètres physiques

Température

La température joue un rôle essentiel dans la solubilité des sels et les gaz (notamment l'O₂) dans l'eau. Elle affecte également la valeur de pH et la vitesse des réactions chimiques. De plus, la température agit comme un paramètre physiologique influant le métabolisme et le développement des microorganismes qui existent dans l'eau (Alain Botta, Laurence Bellon, (2001)).

- **La turbidité**

La turbidité est un facteur inversement proportionnel à la transparence de l'eau. Elle constitue un signe important de pollution, ce qui caractérise la présence de matières colloïdale ou en suspension (organiques ou minérales) dans les eaux. La valeur de la turbidité est en fonction de la concentration des matières en suspension (MES)

présentes dans l'eau (Riou G ; Simon P, (2006)).

▪ Les matières en suspension (MES)

La concentration des MES est exprimée en milligrammes par litre (mg/L), sa mesure concerne les matières en suspension non dissoutes. Dans le milieu récepteur, les matières en suspension (MES) peuvent réduire la clarté des eaux et perturber également l'écosystème en limitant notamment la photosynthèse des végétaux (le cas des algues par exemple).

Par ailleurs, ces MES peuvent être d'origine organique et engendrer des effets nocifs liées à la présence de molécules organiques (Vaillant J R, (1974)).

▪ Les matières volatiles en suspensions (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension (MES). Elle peut être obtenir par calcination de MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de pesée entre les MES séchées à 105°C et celles calcinées à 525°C « perte au feu » détermine la teneur en matières volatiles en suspension (MVS), exprimée comme concentration en mg/L, dans l'échantillon d'eau testé (Technique de l'ingénieur, Volume G1210).

▪ Les matières minérales sèches (MMS)

Elles correspondent à la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et résultent généralement de la présence de sel, et de silice.

▪ Les matières décantables et non décantables

Elles représentent la fraction de MES qui peuvent se décanter en un temps donné (02 heures) selon des conditions opératoires bien définies, et celles qui ne décantent pas, restant en suspension dans l'eau et étant ensuite dirigées vers les procédés biologiques (Gaid, 1984).

I.5.3. Les paramètres chimiques

☒ Potentiel d'hydrogène

La valeur de pH influence plusieurs équilibres physico-chimiques. Un pH trop bas ou trop élevé peut perturber le développement des microorganismes présents dans l'eau, dont la plage optimale de croissance se situe généralement entre 6 et 8, (Rodier J, (2005)).

☒ Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène suffisante pour l'oxydation des matières oxydables présentes dans l'eau dans des conditions opératoires spécifiques (Taradat MH, 1992).

Plus la teneur de substances oxydables dans l'eau est élevée, plus la DCO est importante. L'oxygène réagit avec l'ensemble des matières organiques, qu'elles soient biodégradables ou non. La DCO est donnée en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂/L), (Suschka J, Ferreira E. 1986).

✓ Pour les eaux usées urbaines, la DCO est généralement 1,5 à 2 fois supérieure à la demande biologique en oxygène (DBO₅).

✓ Dans le cas des eaux résiduaires industrielles, la DCO dépasse souvent 2,5 fois la DBO₅ (Metahri Mohammed Saïd, 2012).

La relation existante entre la matière organique oxydable, la DBO₅ et la DCO peut être donnée par l'équation suivante :

$$M \text{ oxydable} = (2 \text{ DBO}_5 + \text{DCO}) / 3.$$

✓ La demande bio chimique en oxygène (DBO)

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer, à l'aide de bactéries aérobies, les matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée. Cette dégradation de la matière organique se déroule en deux étapes distinctes :

✓ Décomposition des composés carbonés : Ce phénomène, à une température de 20°C, est pratiquement achevé au bout de 20 jours.

✓ Décomposition des composés organiques azotés : Cette réaction ne commence qu'après environ 10 jours.

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries à 20°C, dans l'obscurité, pendant une période d'incubation de 5 jours, la décomposition des matières organiques par voie biologique (rôle des bactéries aérobies). Pour la mesure, on définit comme référence la quantité d'oxygène consommée durant ces 5 jours, ce qui désigné par la DBO₅, (Metahri Mohammed Saïd, (2012)).

✓ La biodégradabilité

La biodégradabilité est la capacité d'un effluent à être décomposé par les micro-organismes impliqués dans le procédé d'épuration biologique. Elle est donnée par le facteur $K = \text{DCO}/\text{DBO}_5$, où :

- $K < 1,5$: Matières organiques **fortement biodégradables**.
- $1,5 < K < 2,5$: Matières organiques **moyennement biodégradables**.
- $2,5 < K < 3$: Matières organiques **faiblement biodégradables**.
- $K > 3$: Matières organiques **non biodégradables**.

Une valeur **élevée** de ce facteur indique la présence d'éléments inhibiteurs pour les bactéries (sels métalliques, détergents, phénols, hydrocarbures, etc.). Ce facteur guide le choix du type de traitement à adopter : **biologique** pour les effluents biodégradables, **physico-chimique** pour les effluents non biodégradables, (Brigitte Donner, Laboratoire.E.R.B.O.M. Nice, France).

☒ Carbone total organique (COT)

Le COT reflète la concentration en carbone organique (dissous, particulaire, volatil) et minéral. La détermination de COT est réalisée par **combustion catalytique à haute température**, suivie par l'analyse de CO_2 par spectrométrie infrarouge (Desjardins, 1997).

☒ Oxygène dissous (O_2)

L'oxygène est constamment présent dans le milieu aquatique. Sa solubilité dépend principalement de plusieurs paramètres tels que la pression partielle atmosphérique, la température, et la salinité de l'eau.

Dans les conditions normales, la teneur en oxygène dissous dans l'eau ne dépasse pas souvent le 10 mg/L. Cette valeur varie selon l'origine de l'eau ; par exemple, pour les eaux usées domestiques présentent typiquement des teneurs comprises entre 2 et 8 mg/L, (Rodier J, (2005).

☒ La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique de l'eau donne une indication précise de sa concentration en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en micro siemens ou milli siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm) et correspond à l'inverse de la résistivité. Ainsi, la détermination de la conductivité permet d'estimer la minéralisation globale de l'eau (Metahri Mohammed Saïd, (2012),).

▪ L'azote

- ☒ Les nitrates (NO_3^-).

- ☒ Et les nitrites (NO_2^-).
- ☒ L'azote total de Kjeldahl (NTK).

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa détermination est primordiale pour le rejet des eaux usées dans le milieu naturel (Laboratoire C.E.R.B.O.M., Nice, France).

▪ L'azote Kjeldahl

L'azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + azote organique, (Gaid, 1984).

▪ L'azote organique (N-org)

L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines, (Laboratoire C.E.R.B.O.M., Nice, France).

▪ L'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ . En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate, (Laboratoire C.E.R.B.O.M., Nice, France).

▪ Le phosphore total

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes :

- ✓ D'ortho-phosphate, soluble H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
- ✓ De poly phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho-phosphate ;
- ✓ De phosphore non dissous, (Saggai, (2004)).

Le tableau 2, récapitule les principales normes fixées par l'OMS pour les eaux rejetées dans le milieu naturel.

Tableau 2 : Normes de rejets internationales (OMS, 2006).

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
PH	6,5-8,5	-
DBO_5	< 30	mg/L
DCO	< 90	mg/L
MES	< 20	mg/L
NH_4^+	< 0,5	mg/L

NO ₂ ⁻	1	mg/L
NO ₃ ⁻	< 1	mg/L
P ₂ O ₅	< 2	mg/L
Température T	< 30	°C
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

Les valeurs limitent données par le journal officiel algérien pour des paramètres de rejet protégeant le milieu récepteur sont regroupés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

PARAMÈTRES	VALEURSLIMITES	Unité (mg/L)
Température	30	°C
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	Mg /L
DBO ₅	35	Mg /L
DCO	120	Mg /L
Azote Kjeldahl	30	Mg /L
Phosphates	02	Mg /L
Phosphore total	02	Mg /L
Cyanures	0,1	Mg /L
Aluminium	03	Mg /L
Cadmium	0,2	Mg /L
Fer	03	Mg /L
Manganèse	01	Mg /L
Mercure total	0,01	Mg /L
Nickel total	0,5	Mg /L
Plomb total	0,5	Mg /L
Cuivre total	0,5	Mg /L
Zinc total	03	Mg /L
Huiles et Graisses	20	Mg /L
Hydro carbures totaux	10	Mg /L
Indice Phénols	0,3	Mg /L
Fluor et composés	15	Mg /L
Étain total	02	
Composés organiques Chlorés	05	Mg /L
Chrome total	0,5	Mg /L
Chrome III+	03	Mg /L
Chrome VI+	0,1	Mg /L
Solvants organiques	20	Mg /L
Chlore actif	1,0	Mg /L

PCB	0,001	Mg /L
Détergents	2	Mg /L
Tensioactifs anioniques	10	Mg /L

I.7.Conclusion

L'étude des eaux usées urbaines révèle la complexité de leur composition et l'importance cruciale de leur gestion. Ces eaux, issues principalement des activités domestiques, industrielles et des eaux de ruissellement, et qui peuvent contenir contiennent divers polluants physiques, chimiques et biologiques.

Les systèmes d'assainissement sont conçus dans le but de la collecte et le transport de ces eaux vers les stations d'épuration. La surveillance des paramètres de pollution permet d'évaluer la qualité de l'eau et d'examiner l'efficacité du traitement appliqué.

Chapitre II
Traitements biologiques

II.1. Introduction

Le traitement biologique des eaux usées est un procédé qui repose sur la dégradation des polluants par l'action de micro-organismes. Ce phénomène se produit naturellement dans des environnements comme les eaux de surface suffisamment oxygénées. Une diversité d'organismes participe à cette dégradation à travers différents cycles de transformation. Parmi eux, on retrouve notamment des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les micro-organismes responsables de l'épuration se regroupent en amas appelés floccs et se développent en utilisant les polluants comme source d'énergie et comme matière première pour la synthèse de nouvelles cellules vivantes.

II.2. Définition du traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est une méthode écologique et efficace visant à purifier l'eau grâce à des processus naturels. Cette technique consiste à transformer les polluants organiques dissous et en suspension en :

- Biomasses
- Azote
- Eau traitée

Ces gaz peuvent ensuite être éliminés des eaux traitées, garantissant ainsi une eau plus propre et moins polluée. De plus, ce procédé est conçu pour décomposer les substances polluantes dissoutes dans les effluents grâce à l'action de micro-organismes. Ces derniers utilisent ces substances pour se nourrir et se multiplier, en exploitant les polluants comme nutriments.

Ainsi, non seulement ils purifient l'eau, mais ils contribuent également à un écosystème aquatique Sain.

II.3 Les procédés biologiques intensifs

Les stations d'épuration urbaines utilisent principalement des procédés biologiques intensifs, considérés comme les techniques les plus avancées dans ce domaine. Parmi ces procédés, on peut citer :

II.3.1. Le procédé de lit bactérien

Le filtre percolateur est un procédé de traitement biologique des eaux usées, basé sur l'activité des micro-organismes fixés à un support solide, généralement

constitué de matériaux poreux tels que les pierres, les graviers ou des supports synthétiques. Les eaux usées sont réparties en fines couches sur cette base, permettant ainsi aux bactéries de dégrader les matières organiques présentes. Utilisé depuis le début du XXe siècle, ce procédé a connu de nombreuses améliorations technologiques visant à renforcer son efficacité épuration.

II.3.1.1. Principe de fonctionnement

Le lit bactérien traite les eaux usées préalablement décantées en les faisant circuler sur un support poreux ou caverneux colonisé par des micro-organismes épurateurs. L'aération, naturelle ou forcée, permet d'apporter l'oxygène nécessaire à l'activité des bactéries aérobies.

Le processus peut se résumer ainsi :

Eaux usées + biomasse épuratrice + $O_2 \rightarrow$ Eau traitée + croissance biomasse + gaz résiduaux ($CO_2...$).

Concrètement, le système se présente sous forme d'une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. Les polluants et l'oxygène diffusent à contre-courant à travers le biofilm jusqu'aux micro-organismes. Ce biofilm présente une stratification caractéristique :

- ✚ Couche superficielle : bactéries aérobies
- ✚ Zone profonde : bactéries anaérobies (Perera et Baudot, 1991).

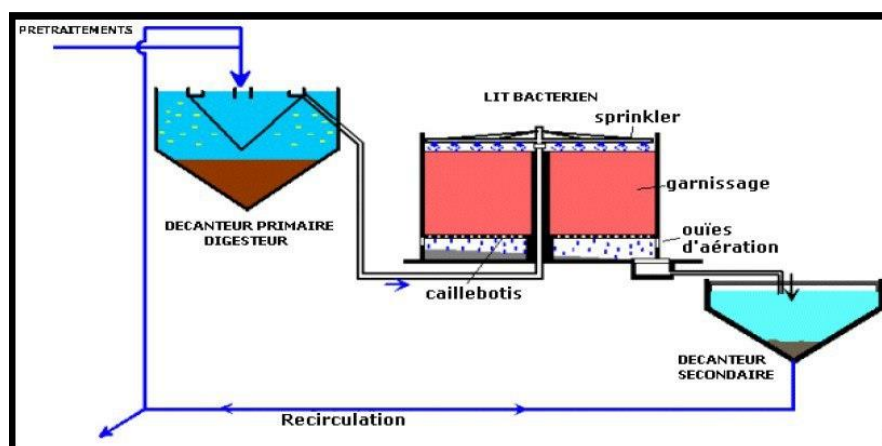


Figure 02 : Traitement biologique par lit bactérien (Perera et Baudot, 1991).

II.3.1.2. Les avantages de traitement biologique par lits bactériens

✚ Un bon rendement est atteint avec un choix convenable du matériau et des dimensions des Pores (augmentation de la surface spécifique).

✚ Les lits bactériens sont aussi performants dans le cas d'effluents urbains ou dans le cas de certaines industries spécifiques (parfumeries, agro-alimentaires).

✚ Conviennent également pour de très faibles volumes des eaux résiduaires, ils sont moins Sensibles aux fluctuations de composition des eaux résiduaires.

II.3.1.3. Les inconvénients de traitement biologique par lits bactériens

✚ Les traitements préalables doivent être performant (traitement primaire), faute de quoi, un encrassage progressif apparaît qui contraint à vider, laver et remettre en place le matériau du lit.

✚ Les fréquentes odeurs enregistrées au changement de saisons, une sensibilité au froid et un investissement coûteux. Station à lits bactériens reste très simple.

II.3.2. Procédé à boue activée

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester.

Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

II.3.2.1. Principe de fonctionnement

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

Afin d'éviter la décantation des floes dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décan tables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de

L'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).

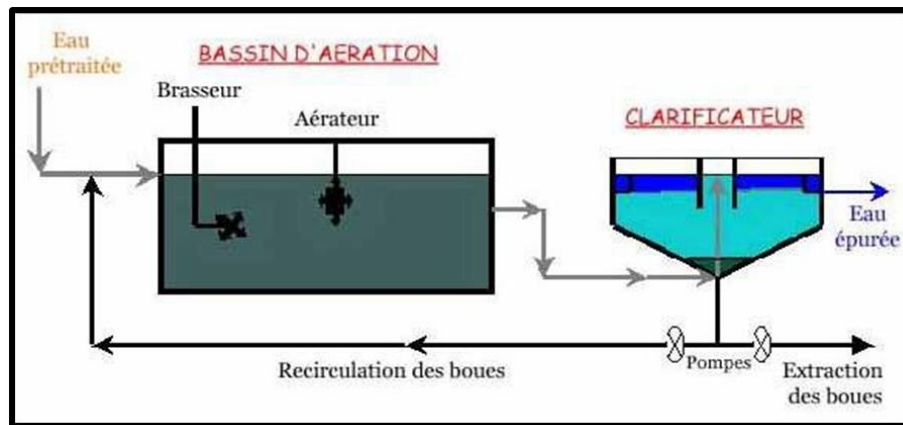


Figure 03 : Principe du traitement biologique par boues activées.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres dépollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification). -Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). -Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles -Boues légèrement stabilisées	-Décantabilité des boues pas toujours saisies à maîtriser -Consommation énergétique importante -Nécessité de personnel qualifiée d'une surveillance régulière -Sensibilité aux surcharges hydrauliques

II.3.2.2. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

Le fonctionnement du procédé à boues activées est caractérisé par plusieurs paramètres essentiels, à savoir :

- ✚ La charge massique
- ✚ La charge volumique (Cv)
- ✚ L'âge des boues

- ✚ L'indice de Mohlman (I_m)
- ✚ Le besoin en oxygène

II.3.3. Procédé de disques biologiques

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr.mn-1, (Dhaouadi, 2008). Les disques biologiques c'est un procédé biologique à cultures fixées.

II.3.3. 1. Principe de fonctionnement

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (Aouabed, 2009).

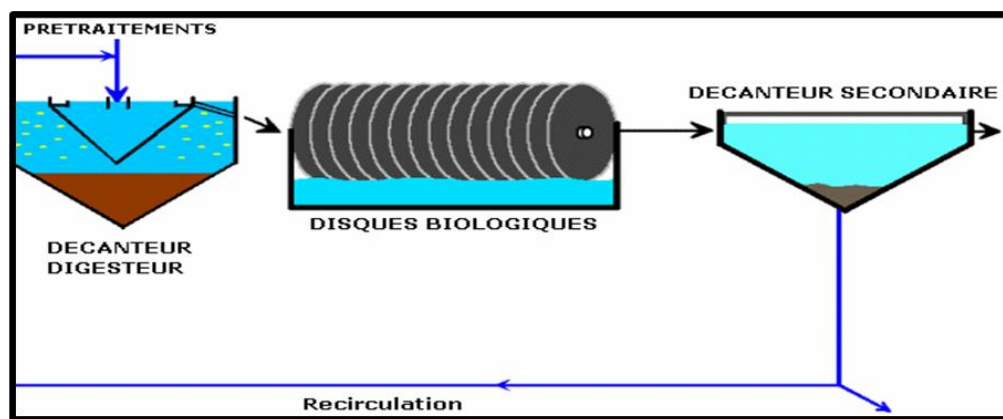


Figure 04 : Schéma du traitement biologique par disques biologiques
(Pereraet Baudot, 1991).

Tableau 5 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.

Avantages	Inconvénients
-Résistance au froid (les disques sont – toujours protégés par des capots Oupa un petit bâtiment). -L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. -Généralement adaptés pour les petites Collectivités.	-Très en sables laquait des eaux traitées. -La sensibilité au gel étai huileuse graisses. -Coûts d'investissement assez élevés. -Ce procédé possède problèmes dans la construction.

II.4. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.

II.4.1. Le lagunage (culture libre)

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux, (Hadjou Belaid Z, (2013)).

II.4.1.1Lagunage naturel

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est trois (03). Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénétrera pas ; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique, (Hadjou Belaid Z, (2013)).

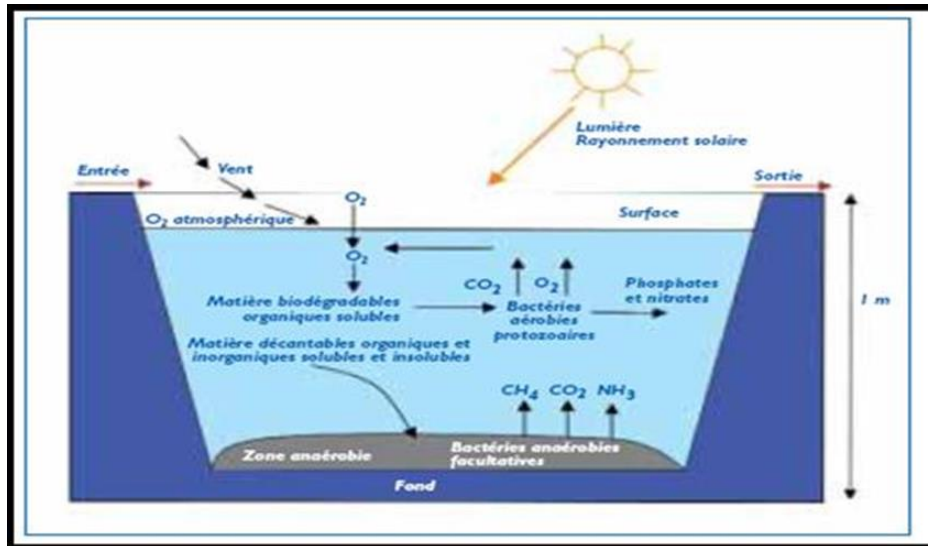


Figure 05 : Mécanisme de l'épuration par lagunage naturel

II.4.1.2 Lagunage aéré

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année, (Hadjou Belaid Z, (2013)).



Photo 01 : Lagunage aéré

Tableau 6 : Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
▪ Fiabilité et facilité d'exploitation ▪ Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants. ▪ Investissements modérés l'indispose de surfaces en terrains importantes dont la nature, la structure et la topographie sont adaptées. ▪ Coût d'exploitation limitée ne nécessite. ▪ Pas la qualification du personnel.	▪ Nécessité de surfaces importantes en terrains. ▪ Contraintes de sous-sol : terrains imperméables (protection Del nappe). ▪ Risques de profilé ration démustiquées d'odeurs (pour les bassins anaérobies). ▪ Curage périodique indispensable.

II.5. Nitrification et dénitrification

La nitrification/dénitrification est le processus biologique le plus fréquent pour éliminer les substances azotées des eaux usées. En effet, on utilise le traitement biologique des eaux usées est une méthode écologique et efficace visant à purifier l'eau avec des processus naturels. Cette technique implique la transformation des polluants organiques dissous et en suspension en :



Biomasses



Et gaz émis (CO_2 , CH_4 , N_2 et SO_2), séparables des eaux traitées.

Ces gaz peuvent ensuite être séparés des eaux traitées, garantissant ainsi une eau plus propre et moins polluée. De plus, il est conçu pour décomposer les substances polluantes dissoutes dans les effluents par l'action de micro-organismes. Ces micro-organismes utilisent ensuite ces substances pour vivre et se reproduire avec les polluants comme nutriments.

Ainsi, non seulement ils purifient l'eau, mais ils contribuent également à un écosystème aquatique sain.

. La plupart des systèmes de traitement reposent sur l'activité microbienne. Et cela dans le but d'éliminer les composés azotés et minéraux indésirables :



L'ammoniac



Les nitrites



Les nitrates

Afin d'éliminer ces composés, les bactéries doivent suivre un processus en deux étapes,

(1H2O3,2025).

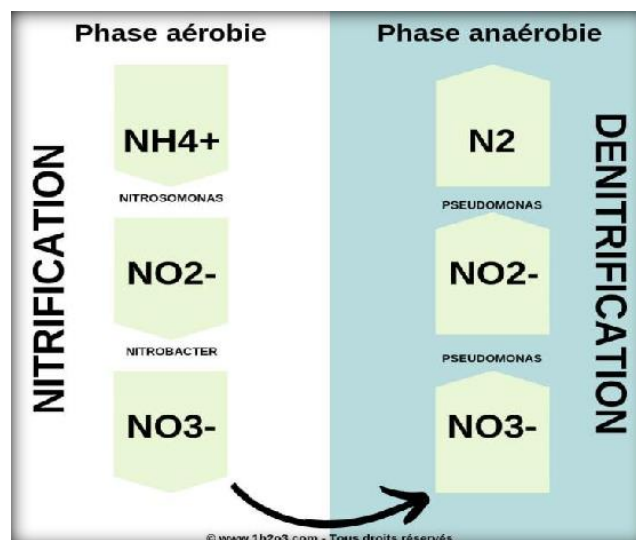


Figure06 : Nitrification et dénitrification

II.5. 1.Étape de nitrification

La nitrification est la première étape du traitement biologique de l'azote. Elle est réalisée par des bactéries aérobies qui oxydent l'ammoniac (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) puis en nitrate (NO_3^-). Cette réaction est catalysée par des bactéries aérobies telles que *Nitrosomonas europaea* et *Nitrobacter hamburgensis*.

Durant cette phase, les bactéries oxydent l'ammonium en nitrite dans des conditions aérobies.

La nitrification se déroule en deux étapes successives :

Oxydation de l'ammoniac en nitrite : Les bactéries du genre **Nitrosomonas** oxydent l'ammoniac en nitrite dans des conditions aérobies. Cette étape est importante, car elle élimine l'ammoniac, un polluant toxique pour les milieux aquatique

Oxydation du nitrite en nitrate : Les bactéries du genre **Nitrobacter** oxydent ensuite le nitrite en nitrate. Cette réaction nécessite également des conditions aérobies et une quantité suffisante d'oxygène dissous.

II.5.2. Étape de dénitrification

La dénitrification est la deuxième étape du traitement biologique de l'azote. Elle consiste à convertir les nitrates en diazote (N_2), un gaz inoffensif. Cette réaction est catalysée par des bactéries anaérobies telles que *Parcoursus dénitrifias*.

En l'absence d'oxygène, des microbes utilisent le nitrate issu de l'ammonium pour libérer des électrons.

En fait, le diazote est inoffensif, car il compose environ 80 % de l'air que nous respirons. Les processus de nitrification/dénitrification éliminent naturellement l'ammonium et le nitrate. Ces composés contribuent à la pollution des eaux naturelles, sans causer de préjudice à la santé ou à la planète.

La dénitrification se déroule en deux étapes :

✚ **Réduction des nitrates en nitrite** : Les bactéries réduisent les nitrates en nitrite dans des conditions anaérobies. Cette étape est importante, car elle élimine les nitrates, qui peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques.

✚ **Réduction du nitrite en diazote** : Les bactéries réduisent le nitrite en diazote. Cette réaction est également anaérobie et nécessite une absence totale d'oxygène dans l'eau.

II.5.3. Importance de la dénitrification

La dénitrification est essentielle pour éliminer complètement l'azote contenu dans les eaux usées. Elle permet de récupérer l'alcalinité perdue lors de la nitrification et de réduire les concentrations de nitrates dans les eaux traitées. La dénitrification est

Également importante pour préserver la qualité de l'eau potable et de l'environnement.

Pour garantir une bonne dénitrification, il est important de respecter certaines conditions :

✚ **Absence d'oxygène** : Les bactéries anaérobies nécessitent une absence totale d'oxygène pour fonctionner.

✚ **Présence de nitrates** : Les bactéries anaérobies nécessitent des nitrates pour se nourrir.

✚ **Présence de bactéries dénitrifiantes** : Les bactéries anaérobies doivent être présentes dans le milieu pour catalyser la dénitrification.

✚ **Température constante** : La température doit être constante pour permettre aux bactéries de se développer (1H2O3, 2025).

II.6. Conclusion

En conclusion, le traitement biologique des eaux usées est une méthode essentielle pour préserver l'environnement et la santé publique. Il repose sur l'utilisation de micro-organismes, tels que les bactéries, pour décomposer les polluants organiques présents dans l'eau. Parmi les procédés intensifs, les lits bactériens se distinguent par leur simplicité et leur faible consommation énergétique, bien qu'ils puissent être sensibles au colmatage et aux variations climatiques. Les boues activées offrent une efficacité élevée mais nécessitent une gestion plus

complexe. Les disques biologiques, quant à eux, combinent les avantages des cultures fixées avec une maintenance relativement simple. En ce qui concerne les procédés extensifs, le lagunage est adapté aux zones rurales, offrant une solution durable avec un faible coût d'exploitation, bien qu'il requière de vastes espaces et des temps de traitement plus longs. Le choix du procédé dépend des spécificités locales, des objectifs de traitement et des ressources disponibles. Une compréhension approfondie de ces systèmes permet d'optimiser leur utilisation pour une gestion efficace et durable des eaux usées.

Chapitre III
Présentation de la zone
d'étude

III.1. Introduction

La région d'El Oued est située dans le Sahara algérien. Elle forme une wilaya depuis la division administrative de 1984. Elle occupe une superficie de 44, 586,8 km². Le nombre de population étant de 990.000 habitants selon les statistiques de 2025. L'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation de la région d'Oued Souf a pour but d'assurer la collecte et le transit de l'ensemble des eaux usées et de procéder à leur traitement avant leurs rejets dans le milieu naturel. Le schéma d'assainissement est constitué de différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités voisines, dans des stations d'épuration par lagunage. Actuellement, le nombre de stations réalisées est quatre (04) et notre étude porte sur la station 2.

III.2. Présentation de la wilaya d'EL oued

La wilaya d'El Oued se trouve au nord-est du Sahara algérien. Elle est bordée par:

- ✚ Les wilayas de Tébessa et Khenchela au nord,
- ✚ La wilaya d'El-Meghaier au nord et au nord-ouest,
- ✚ La wilaya de Touggourt au sud et au sud-ouest,
- ✚ Et la Tunisie à l'est.

Elle a une superficie de 54573 km².et contient de 647548 Habitants (2008) avec densité de 12 hab./km² (ANDEL, 2013).

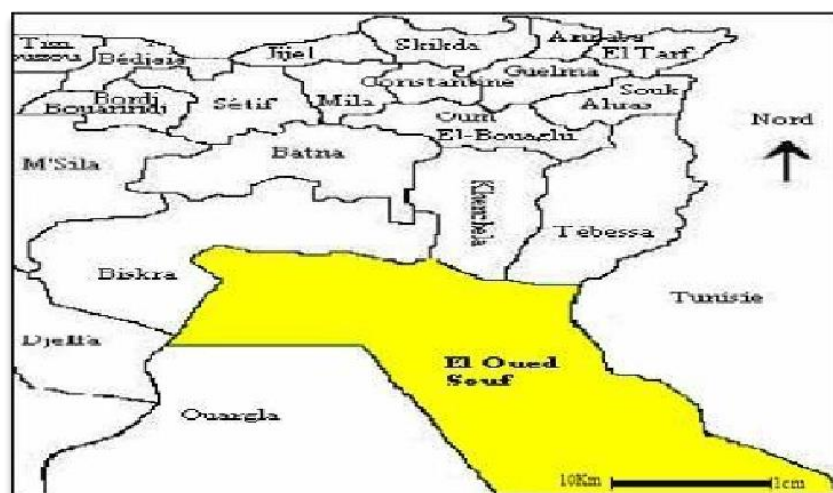


Figure 07 : la situation géographique de la région d'El Oued (ANDEL, 2013)

III.3. Présentation de Hassani Abdelkrim

Hassani Abdelkrim est une municipalité du département de Débila, situés dans le centre de la wilaya d'El Oued, elle loin du centre de wilaya de 14 km, contient des villages tel que : Hassani Abdelkrim, Dhokkar, Gherbia, Z'Goum. Elle a une superficie de 58 km², elle contient de 22755

habitants (2008), avec densité de 392 hab./km² (ANDEL, 2013).

III.4. Présentation de la station d'épuration STEP 2

La station d'épuration des eaux usées n°2 (STEP 2) de type lagunage aéré est située à Hassani Abdel Karim. Elle a été mise en service en 2011 et permet de collecter les eaux usées des communes de Débila, Guemmar, Taghzout et Hassani Abdel Karim. Le choix de l'emplacement à Hassani Abdel Karim s'explique par son appartenance au groupe de la vallée, ne nécessitant pas d'accès à l'énergie pour l'arrivée de l'eau. Cette station, d'une superficie d'environ 18 hectares, répond aux besoins fonciers. Le site adopte une forme géométrique rectangulaire.

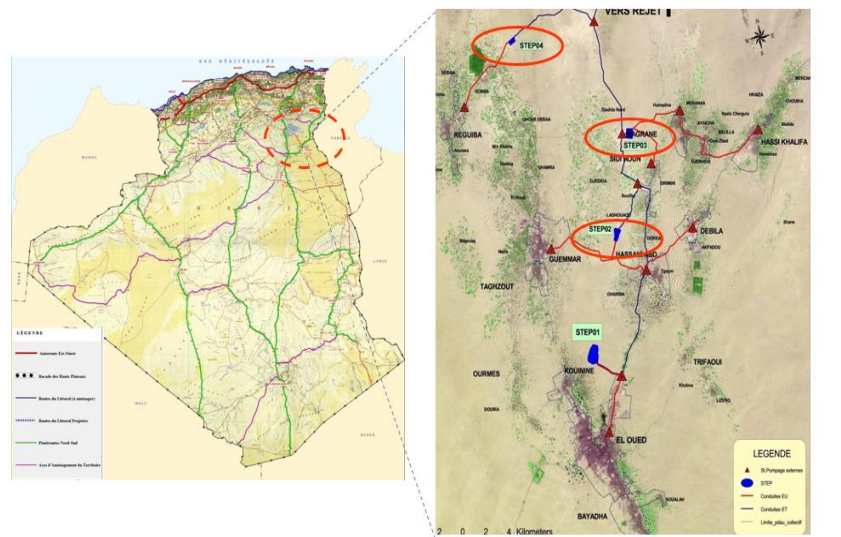


Figure 08 : Situation géographique de la station d'épuration STEP 2

III.4.1. Données générales de la station



Communes desservies

GUEMMAR, TAGHZOUT, HASSANI ABDEL KARIM et DEBILA.



Population deesservie à l'horizon 2030

79620 EH.



Milieu récepteur

Chott Haloufa



Année de mise en service / horizon

2007-2030



Groupeement de réalisation (génie civil, équipements)

TEIXEIRA DURATE

(Portugale) EFACEC

(Portugale)

✚ **Nature des eaux brutes**

Domestique

✚ **Impact de réalisation de la station**

Protection de la nappe

✚ **Arrivée des eaux usées à la step 2**

Par pompage ; stations de pompage de GUEMMAR et HASSANI ABDEL KARIM.

✚ **Débit moyen de dimensionnement à l'horizon 2030**

14332m³/J.

✚ **Surface de la step 2**

18 hectares

Tableau 7 : Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations

STEP 02				
Paramètres	A l'entrée	Concentration	A la sortie	Concentration
DBO ₅	3583 Kg/j	250 mg O ₂ /l	573.28 Kg/j	40 mg O ₂ /l
DCO	7166 Kg/j	500 mg O ₂ /l	1791.5 Kg/j	125 mg O ₂ /l
Matière en suspension (MES)	5173.852 Kg/j	361 mg/l	573.28 Kg/j	40 mg/l



Figure 09 : station de lagunage aéré de Hassani Abdel Karim.

III.4.2 Procédés d'épurations des eaux usées dans la station

III.4.2.1. Prétraitement

Dans la station d'étude, les eaux usées sont transportées depuis le regard de dégazage jusqu'à l'ouvrage de prétraitement, qui se compose d'une étape de dégrillage suivie d'une étape de dessablage.

A/ Equipement de dégrillage

Qui comprend un ensemble de 2 dégrilleurs automatique disposés en parallèle (Photo 02). L'ouvrage de prétraitement compte l'aval de la zone de dégazage et conformément aux plans joints, deux canaux d'alimentation en eaux usées, équipés chacun d'une grille inclinée de 90° sur l'horizontale, de 1m de largeur chacune, dont les barreaux d'une épaisseur de 10mm sont écartés de 25mm. le dégrillage permet d'éliminer les déchets et la protection de la station (DEGRMONT, 2005).



Photo 02 : Dégrilleurs

B/ Dessablage

Cette opération permet d'éviter le colmatage des canaux, la décantation des résidus les plus denses (sable) et aussi pour protéger l'équipement à pièces tournantes de la corrosion (MOUHAMED OULI, 2001).



Photo 03 : Dessableur

C/ Ouvrage de répartition

En aval d'ouvrage de prétraitement, permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Ce dernier est assuré par six seuils déversant identiques de 15 m de largeur, munis d'obstacles (ONA, 2009).



Photo 4 : Répartiteur dans bassins d'aération

III.4.2.2. Traitement secondaire ou biologique des eaux usées

Dans les bassins d'aération, les eaux usées subissent un traitement à travers deux étapes d'aération suivies d'une étape de finition (étape finale).

A/ Première étape Lagunage d'aération

L'eau s'écoule à travers les conduites et se répartit de manière homogène dans trois bassins d'aération nommés A1, A2 et A3. Ces bassins possèdent un volume de 28 574 m³ chacun, avec une largeur de 66 m une profondeur de 3,6 m. Afin d'assurer une réduction efficace de la pollution biologique (DBO) et chimique (DCO), l'oxygénation et l'action des micro-organismes permettent d'atteindre un taux de dégradation de la pollution compris entre 70 et 80 %.



Photo 5 : Lagune aérée step 2.

B/Deuxième étape lagune d'aération

Identiquement comme la première étape, les trois bassins d'aération B1, B2, B3 à une volume 19091 m^3 , longueur 115m, largeur 66m et profondeur 2.9m. la fonction se fait à partir de 6 pièces d'aérateurs qui installées dans lagune (ONA, 2009). C'est effectivement pour la dégradation de la charge restante 20-30 %.



Photo 6 : Aérateur step 2.

C/Lagune de finition

Le traitement final vise à améliorer la qualité des eaux usées traitées biologiquement. Ce processus se déroule dans un bassin composé de trois compartiments : F1, F2 et F3, d'un volume total de $14\,575 \text{ m}^3$, avec une longueur de 154 m, une largeur de 66 m et une profondeur de 1,5 m.

Le rôle principal de ce bassin est de garantir l'achèvement du processus d'épuration des eaux. Ces compartiments jouent un rôle crucial en tant que consommateurs de micro-algues, ce qui contribue à l'élimination des éléments pathogènes et à l'amélioration de la qualité de l'eau.



Photo 7 : lagune de finition

III.4.2.3. Filière boues (déshydrations naturelle)

Les lits de séchage des boues sont composés de 10 lits alignés, constitués de graviers de différentes granulométries, recouverts d'une couche de sable. Cette dernière agit comme une bâche terrestre, comprenant un revêtement en feuille et des tuyaux perforés facilitant la déshydratation et l'évacuation de la boue sèche.

Une pompe à piston appropriée permet l'aspiration du mélange boue-eau, le transférant via une conduite flexible vers les lits de séchage. Une fois dans les lits, la boue est stockée et se déshydrate naturellement, en fonction des conditions climatiques locales.

Le temps de séjour varie entre 15 et 18 jours, avec un taux de matière sèche atteignant 400 à 450 kg/m³ (ONA, 2009).



Photo 8 : lits de séchage des boues.

Le temps de séjour varie entre 15 et 18 jours, avec un taux de matière sèche atteignant 400 à 450 kg/m³ (ONA, 2009), Enfin les eaux usées épurées sont dirigées vers le rejet de Chott Halloufa.

Tableau 8 : Lagunes d'aération (premier étage) A1, A2, A3 et Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3

Premier étage	STEP 02	Deuxième étage	STEP02
Nombre de lagunes (pièces)	03	Nombre de lagunes (pièces)	13
Longueur (m)	142	Longueur (m)	115
Largeur(m)	66	Largeur(m)	66
Profondeur d'eau(m)	3,6	Profondeur d'eau(m)	2,9
Longueur du fond (m)	127,6	Longueur du fond (m)	103,4
Largeur du fond (m)	51,6	Largeur du fond (m)	54,4
Volume de lagune (m ³)	28 574	Volume de lagune (m ³)	19 091
Volume des lagunes (m ³)	85 722	Volume des trois lagunes (m ³)	57 273
Nombre d'aérateurs par lagune (-)	18	Nombre d'aérateurs par lagune (pièces)	03
Puissance spécifique de brassage (W/m ³)	13	puissance spécifique de brassage (W/m ³)	02
Puissance total (par Lagune) (KW)	89	Puissance total (par Lagune) (KW)	38
Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)	18	Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes(jour)	05

III.5. Conclusion

Les stations d'épuration ont pour objectif de traiter les eaux usées afin d'obtenir une eau de qualité appropriée selon les besoins. Le traitement des eaux s'effectue à travers différentes procédures adaptées aux processus appropriés. Les principaux objectifs de ces stations sont de prévenir la pollution de l'eau et de fournir une eau propre pour divers usages dans le cadre de vie quotidien. La station de Hassani Abdelkrim est basée sur le traitement biologique par lagunage aéré. L'étude de la nature de la charge organique est très important pour mieux comprendre le fonctionnement du procédé.

Chapiter IV
Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Dans les stations d'épuration des eaux usées, l'analyse des eaux brutes (à l'entrée) et des eaux traitées (à la sortie) est essentielle pour évaluer l'efficacité du traitement. Ce chapitre repose sur la détermination du degré de pollution des eaux usées et la biodégradabilité de la matière organique dans l'effluent brute et traitée en se basant sur des paramètres physicochimiques et bactériologiques. Le suivi des paramètres liés à la charge organique DCO, DBO₅ et MES permettra d'évaluer la biodégradabilité des matières organiques et de suivre l'efficacité de traitement biologique par lagunage aéré durant plusieurs années.

VI.2. La variation de pollution

Nous étudions les variations mensuelles et annuelles de la pollution par les éléments ci-dessus pendant plusieurs années (2015,2016,2017,2022,2023).

IV.2.1. La variation de la pollution mensuel

A/ la concentration en DBO₅

La figure suivante montre le taux de variation de la concentration en DBO₅ dans l'eau brute et l'eau traitée dans la période d'étude (5 ans).

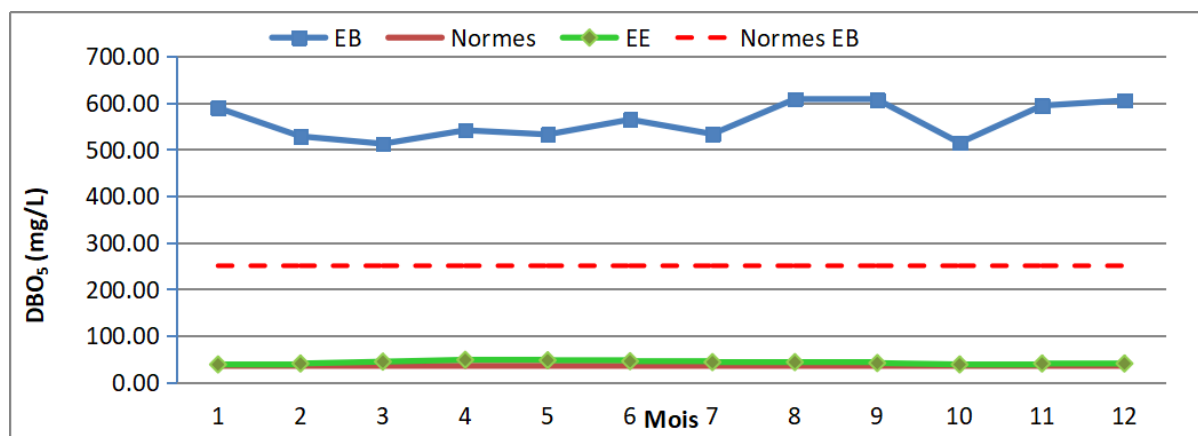


Figure 10 : le taux de variation de la concentration en DBO₅.

Il est clair que pendant les mois de l'année pour les eaux brutes, la demande biologique est confinée entre les valeurs de 500 et 600 mg/L. Une légère augmentation se produit dans les mois

7-8 et 10-11, et la légère diminution se produit dans la période 1-3 et également dans les mois 9-10 jusqu'à ce que le dernier mois reste stable à la valeur de 600 mg/litre.

Pour les eaux traitées, la valeur de DBO_5 est conforme la norme algérienne sur toute la période étudiée et pour tous les mois de l'année.

B/La variation concentration en DCO

Les valeurs de la concentration de la demande chimique en oxygène en DCO dans l'eau brute et l'eau traitée sont enregistrées sur la figure 11.

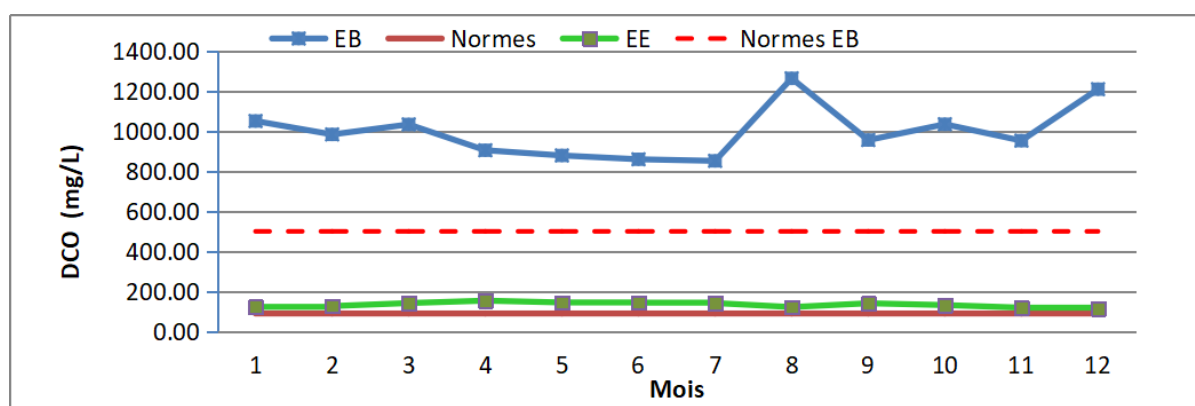


Figure 11 : la concentration de la demande chimique en oxygène de DCO.

En ce qui concerne la valeur de DCO à l'entrée de la station oscille entre 1050 et 1200 mg/L, où l'on remarque une légère diminution. Une légère diminution de DCO dans la période entre janvier et juillet a été remarquée, alors qu'elle augmente dans les mois de juillet à août. Ces valeurs dépassent dans tous les cas la valeur fixée par la norme algérienne pour les eaux de déversement (1000 mg/L). Malgré cette augmentation de DCO, le traitement biologique a montré son efficacité avec des valeurs enregistrées entre de 115 et 123 mg/L pour les eaux traitées.

C/La concentration de MES

Les matières en suspension (MES) représentent des particules organiques ou inorganiques qui ne sont pas dissoutes dans l'eau. Les données de MES (entrée de station et sortie de station) sont montrées sur la figure 12.

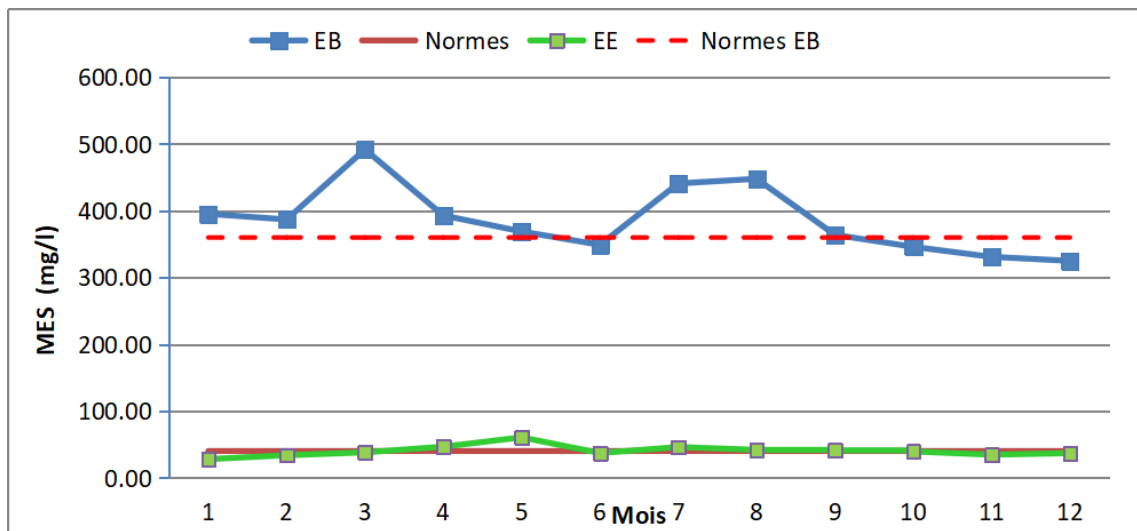


Figure 12 : la courbe de concentration de matières en suspension MES.

Pour les eaux arrivées à la station, les valeurs de MES sont comprises entre 325 et 400 mg par litre. Les valeurs de MES ont dépassé la norme, les valeurs maximales ont été observées dans les mois d'été. Ceci indique probablement l'effet de l'évaporation de l'eau et l'augmentation de la concentration de MES. La grande variation des valeurs de MES peut être expliquée par la variation de la composition de MES et l'effet des sables entrant au réseau d'égouts. Pour les eaux traitées, les concentrations en MES sont au-dessous de la valeur limite fixée par la norme algérienne, ce qui reflète une bonne efficacité de ce type de traitement en vue de l'élimination de MES.

D/Le taux de biodégradabilité DCO/DBO₅

Le facteur de biodégradabilité de l'effluent est donné généralement par le rapport DCO/DBO₅. Les valeurs de ce rapport sont calculées pour les eaux brutes et traitées sur la période d'étude (figure 13).

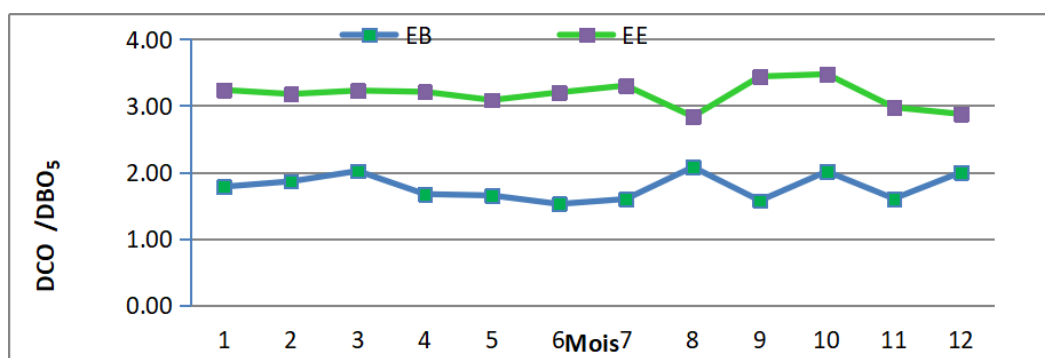


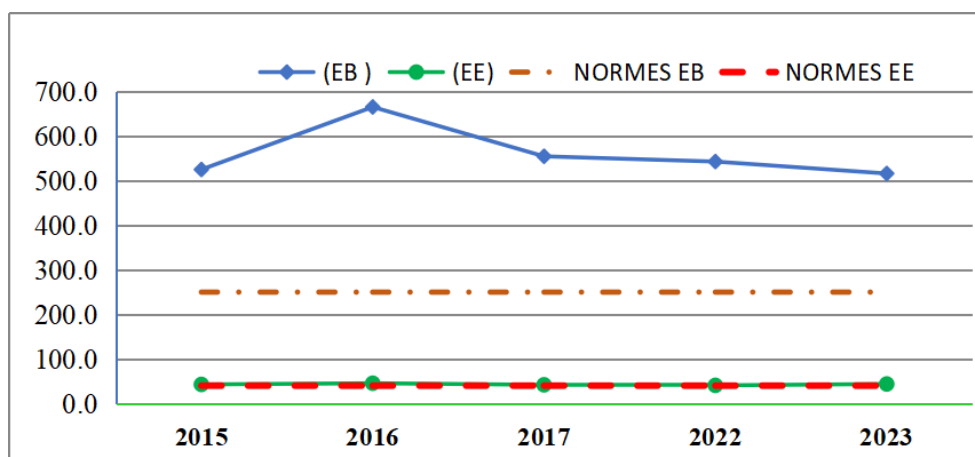
Figure 13 : Le taux de biodégradabilité DCO/DBO₅.

Pour les eaux brutes, la variation dans les valeurs du ratio DCO/DBO₅ n'est pas importante, elles oscillent entre 1,5 et 2,0 sur la période étudiée. Ceci explique la stabilité relative de la qualité des eaux arrivant à la station, et la nature biodégradable de la charge organique de l'effluent étudié. Au stade de l'eau traitée, les valeurs de ratio DCO/DBO₅ sont augmenté significativement,, ce qui indique que le taux abatement de la DBO₅ est plus important par rapport au taux de la diminution de la DCO. Autrement dit, le traitement biologique est très efficace pour la réduction de la matière organique biodégradable (exprimé en DBO₅), et moins efficace pour réduire la DCO car il contient une partie de matière organique non-biodégradable. De plus, les valeurs de ce rapport dépassent 3 dans la plupart des cas pour l'eau traitée.

IV.2.2. Variation annuelle sur les années (2015, 2016, 2017, 2022 et 2023).

A/Variation annuelle de la DBO₅

La figure suivante représente la variation la demande biologique en oxygène DBO₅ pour les eaux brutes et épurées durant la période de 5 ans.

**Figure 14 :** Variation annuelle de la DBO₅.

Les données présentées sur la figure 14 ont montré que les concentrations en DBO₅ à l'entrée de la station varient entre 516 mg/L et 665 mg/L au cours des années mentionnées (2015-2016-2017- 2022-2023). Ces valeurs ont dépassé légèrement le seuil fixé par la législation algérienne (norme 2009), la valeur maximale a été observé en 2016 témoignant d'une charge organique élevée au cours de cette année.

L'analyse des valeurs de l'eau traitée indique que pour les valeurs de DBO_5 varient entre 40 et 45 mg/L. Ceci montre que malgré la charge organique importante à l'entrée de la STEP, le traitement biologique reste efficace par rapport à l'élimination de composés organiques biodégradables (exprimé en DBO_5).

B/la variation de la demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est un indicateur de pollution organique (biodégradable et non-biodégradable). La variation de DCO (en l'eau à brute et l'eau épurée) d'une année à une autre est présentée sur la figure 15.

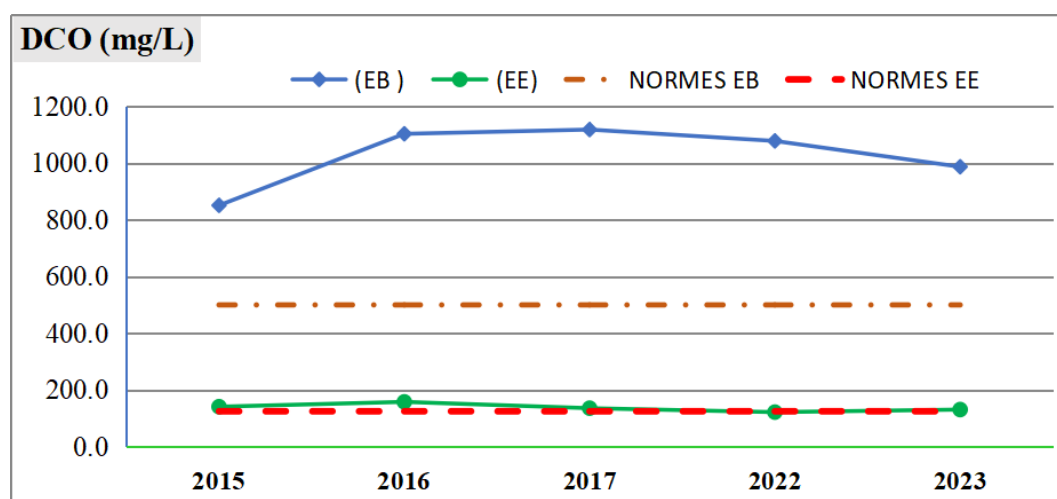


Figure 15 : Variation annuelle de la DCO.

Les données présentées reflètent que les concentrations de la DCO à l'entrée varient entre 600 mg/L et 850 mg/L, par contre pour les eaux épurées elles oscillent entre 122 et 158 mg/L. A l'entrée de STEP, La DCO présente systématiquement des dépassements de la norme de 1000 mg/L (Journal Officiel Algérien 2009), au cours des années 2016, 2017, et 2022, indiquant une charge polluante (organique) importante.

Le traitement biologique par lagunage aéré permet une réduction notable pour la DCO (inférieure à 158 mg/L), mais ces eaux épurées restent non conformes à la norme d'irrigation de 90 mg/L (journal officiel apparaît en 2012). Vue la grande charge entrante en DCO, le traitement est avérée efficace en termes de réduction de la matière organique totale.

Bien que l'indice Cr de 1,53 indique une faible contamination des eaux traitées, ce niveau reste préoccupant pour une réutilisation agricole sécurisée. Il est donc nécessaire de renforcer les mesures à la source et d'envisager l'ajout d'un traitement tertiaire, tout en poursuivant l'amélioration des procédés biologiques existants

C/Variation annuelle de la biodégradabilité DCO/DBO₅

La figure 16 représente la variation de la biodégradabilité DCO/DBO₅ de l'eau à brute et l'eau épurée durant les cinq ans de l'étude.

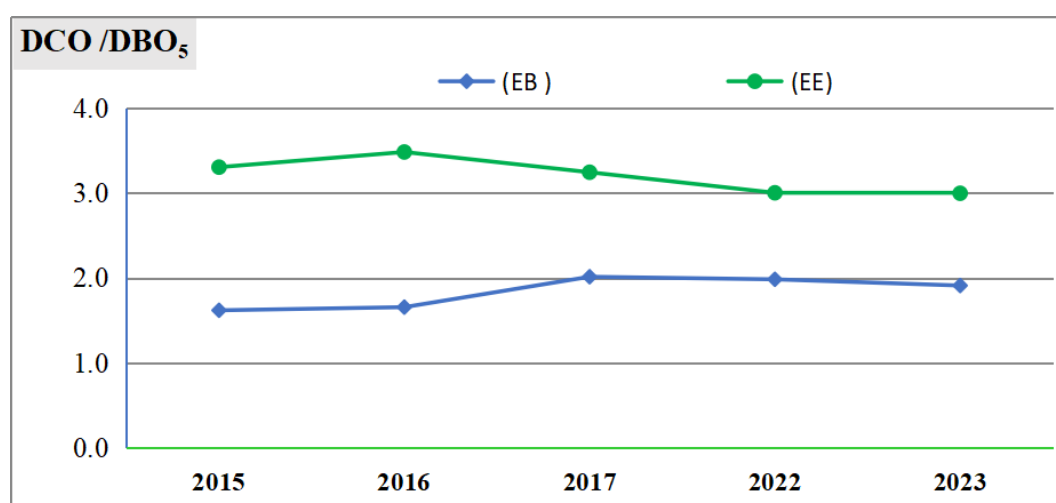


Figure 16 : Variation annuelle de la biodégradabilité DCO/DBO₅.

Pour l'eau brute, les valeurs se situaient entre 1,62 et 1,91 sur la période de suivi, la variation n'est pas trop importante, à l'exception d'une légère augmentation par les années 2017, 2022 et 2023, indiquant une augmentation de la fraction non biodégradable sur cette période.

Dans le cas de l'eau traitée, ce rapport a augmenté d'une façon significative par rapport à l'eau brute, et par conséquent les matières organiques ne sont pas complètement biodégradables. Cela indique que la diminution de DBO₅ est plus importante que celle de DCO. Ceci s'explique par le fait que la DCO comporte une partie non biodégradable.

D/Variation annuelle de MES

Le suivi des données de MES sont présentées sur la figure 17 pour l'eau à brute et l'eau épurée durant les cinq années de suivi.

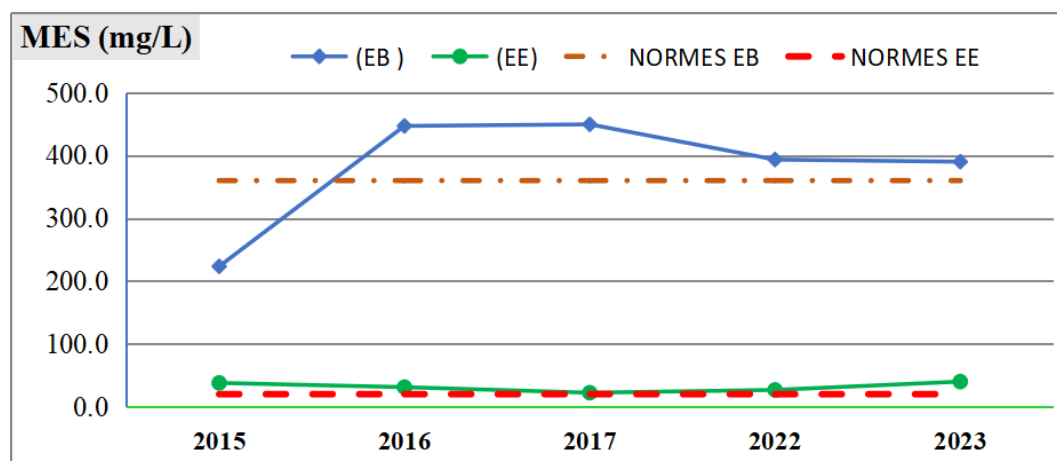


Figure 17 : Variation annuelle de matières en suspension MES.

Les MES représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées (matières en suspension et colloïdes). Les concentrations de MES à l'entrée de STEP varient entre 223 mg/L et 449 mg/L, par contre elles oscillent entre 22 et 40 mg/L dans les eaux épurées à la sortie de STEP.

La courbe montre que la valeur de MES dépasse la norme pour les eaux entrantes à la STEP durant les années 2016, 2017, 2022, et 2023. Malgré cette situation, la performance de traitement reste satisfaisante en terme d'élimination de MES. Les valeurs enregistrées dans l'eau brute ont montré l'indice $Cr = 0,63$, indiquent une faible contamination, tandis que dans l'eau traitée ($Cr = 1,05$) elles restent dans les limites de sécurité (30 mg/L). Cette diminution significative peut refléter l'amélioration des processus de sédimentation et de filtration à l'usine de traitement.

E/ Variation annuelle de l'O₂

La concentration en O₂ est un paramètre très utile et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un facteur très sensible à la pollution (surtout d'origine organique), il nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le pouvoir de l'auto-épuration d'un cours d'eau. Le suivi du teneur en oxygène dans les eaux étudiées est représenté sur la figure 18 sur une période de cinq années.

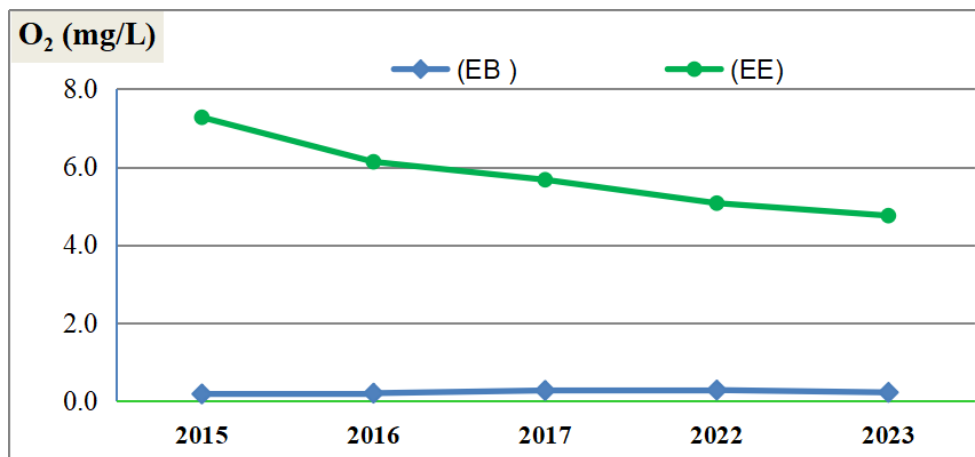


Figure 18 : Variation annuelle de l'O₂.

Les données de la courbe ont indiqué une nette amélioration des taux d'O₂ au cours des ans, indiquant une diminution importante de la pollution organique. Ceci est amélioré le pouvoir d'auto-épuration du milieu aquatique au niveau du rejet final.

F/Variation annuelle de la conductivité

La conductivité électrique (CE) est probablement l'une des plus simples et des plus importantes mesures pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de la décomposition de la matière organique et renseigne sur le taux de salinité des eaux brutes entrant à la STEP.

Les données de la CE sont indiquées sur la figure 19 durant la période de suivi.

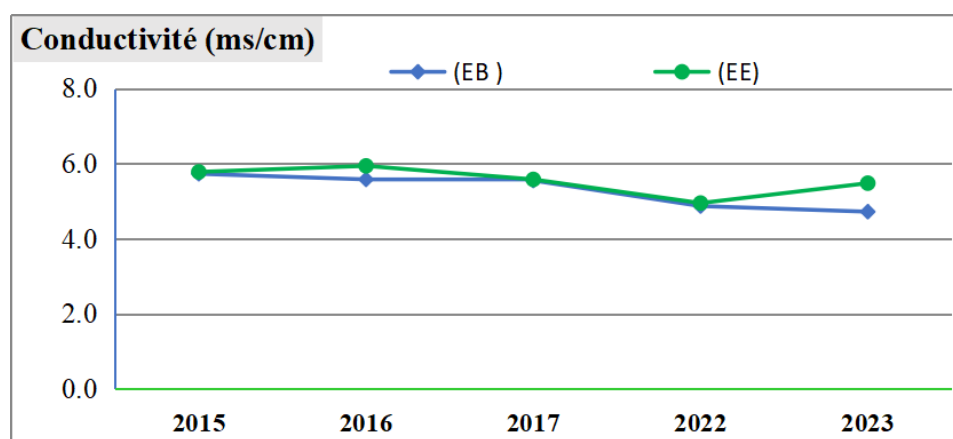


Figure 19 : Variation annuelle de la conductivité.

La figure 19 montre une stabilité relative ou une légère diminution, indiquant l'absence de

contamination saline significative. Il est toutefois important de surveiller ce paramètre afin de s'assurer que les limites admissibles ne sont pas dépassées, surtout si l'eau est utilisée pour l'irrigation. Une légère augmentation de CE pour l'eau traité a été observé indiquant l'effet de l'évaporation des eaux et la minéralisation de la matière organique.

G/ Variation annuelle de N-NH_4^+

La présence d'ammonium indique une contamination organique ou un ruissellement agricole. Les données de la variation de l'azote ammoniacal N-NH_4^+ sont représentées sur la figure 20.

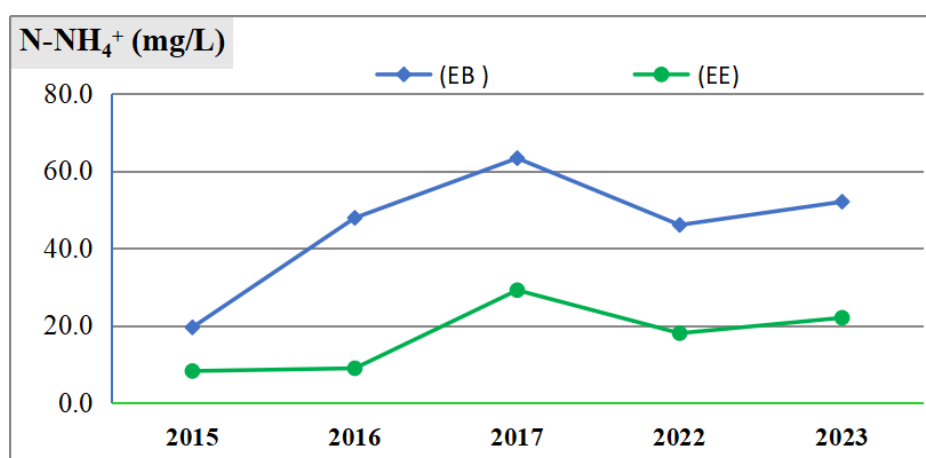


Figure 20 : Variation annuelle de N-NH_4^+ .

Les valeurs de N-NH_4^+ oscillent entre 63 à 19 mg/L pour l'eau brute et entre 8 à 29 mg/L dans le cas de l'eau épurée. La courbe montre des fluctuations de valeurs, qui peuvent refléter des changements dans les sources de pollution ou l'efficacité du traitement. La diminution de N-NH_4^+ est importante reflétant l'efficacité du traitement biologique par boues activées.

Il est recommandé de suivre ce paramètre car il peut influencer la qualité de l'eau en cas de leur utilisation pour l'irrigation.

H/ Variation annuelle de la valeur de pH

La figure 21 montre les valeurs de pH des eaux usées à l'entrée et à la sortie au fil des années de suivi.

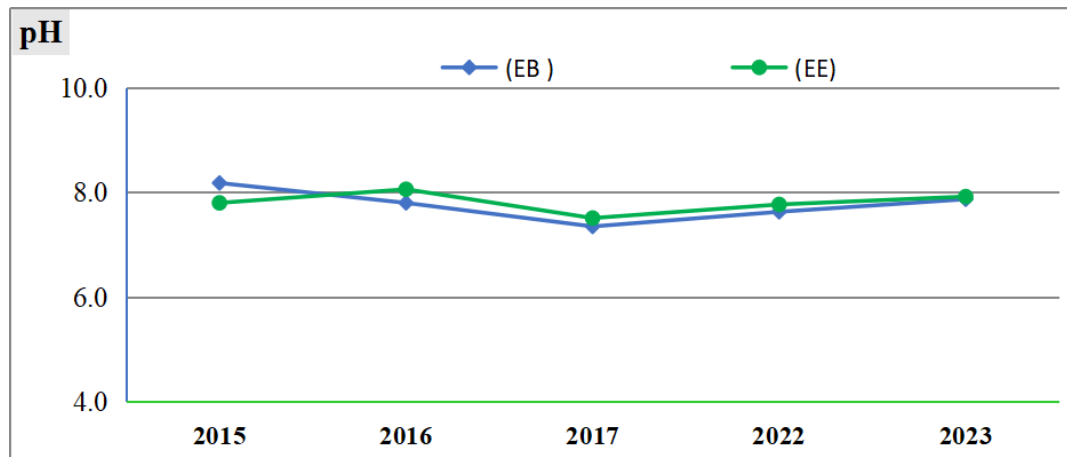


Figure 21 : Variation annuelle de pH.

Les valeurs de pH des eaux usées avant traitement sont comprises entre 7,35 et 8,18 dont le pH est souvent de l'ordre de 7,5 à 8, le plus favorable à l'action bactérienne, pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie.

En ce qui concerne les eaux traitées, le pH est toujours supérieur à celui enregistré à l'entrée. Les valeurs gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité, variant entre 7,15 et 8.06. Respectant ainsi la norme de rejet fixée entre 6,5 et 8,5.

I/ Variation annuelle de la température de l'eau

Le graphique présenté sur la figure 22 montre l'évolution de la température des eaux brutes (EB) et des eaux épurées (EE) sur les années 2015, 2016, 2017, 2022 et 2023.

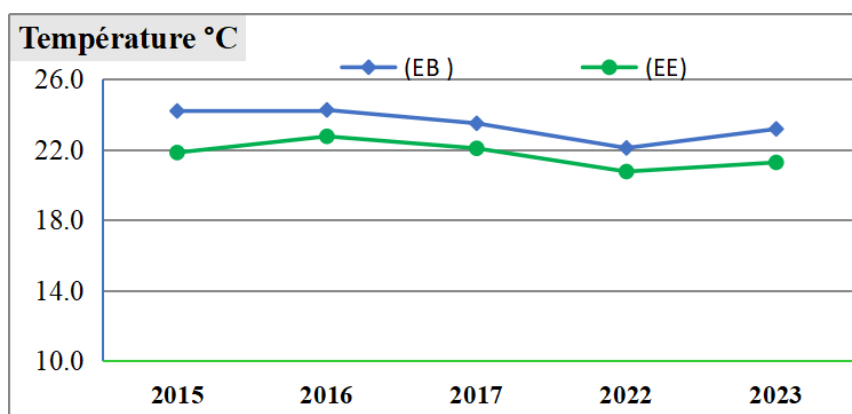


Figure 22 : Variation annuelle de la température.

Les normes algériennes recommandent généralement une plage de température optimale entre 20°C et 35°C pour les eaux brutes afin d'assurer un traitement efficace.

D'après la figure 22, la variation de la température n'est pas trop significative sur la période étudiée. La température de l'eau subit toujours une petite diminution après traitement de l'eau, elle est conforme également à la norme.

IV.3. Conclusion

Au terme de ce chapitre, l'analyse des performances des stations d'épuration (2015-2023) a montré une amélioration significative du traitement des polluants organiques, même si certaines valeurs restaient au-dessus des normes admissibles. L'étude du rapport DCO/DBO₅ a montré que l'eau brute a une bonne capacité de décomposition (1,6-1,7), tandis que l'eau traitée a montré un rapport élevé (jusqu'à 3), indiquant la présence de matières organiques résiduelles difficiles à décomposer. Les paramètres d'oxygène dissous, de température et de pH ont également confirmé l'efficacité des processus biologiques. Les résultats indiquent la nécessité d'améliorer les technologies de traitement pour assurer la décomposition complète des polluants et le plein respect des normes environnementales.

Conclusion Générale

En conclusion, nos recherches ont mis en évidence l'importance de la biodégradabilité de la matière organique dans les eaux usées comme facteur critique pour déterminer l'efficacité du traitement biologique et son impact sur l'environnement. En analysant soigneusement les propriétés physiques et chimiques des eaux usées et en évaluant des indicateurs tels que DBO₅ et DCO, nous avons pu déterminer le degré de biodégradabilité de l'échantillon étudié, qui sert de base à la sélection des technologies de traitement appropriées.

Les résultats obtenus dans le dernier chapitre ont montré que le traitement biologique, que ce soit par boues activées, disques biologiques ou autres technologies, reste la solution optimale pour traiter les matières organiques biodégradables, en particulier lorsque la valeur K (DCO/DBO₅) se situe dans la plage idéale (inférieure à 2,5). L'étude a également souligné le rôle des facteurs environnementaux tels que la température, l'oxygène et la diversité des micro-organismes dans l'accélération ou l'entrave des processus de décomposition, ce qui nécessite d'améliorer les conditions d'exploitation dans les usines de traitement.

En conclusion, cette étude contribue à améliorer la compréhension scientifique des mécanismes de décomposition de la matière organique et souligne la nécessité d'adopter des stratégies de traitement durables qui parviennent à un équilibre entre la conservation des ressources en eau et le respect des réglementations environnementales, contribuant ainsi à atteindre les objectifs de développement durable et à protéger les écosystèmes aquatiques pour les générations futures.

Références bibliographiques

- [1] Richarde C, (1996), les eaux ; les bactéries ; les hommes et les animaux ; Edition Elsevier ; Paris, P138.
- [2] Gérard Calvat « les réseaux et l'assainissement ».
- [3] Guide Technique de l'assainissement 2eme édition.
- [4] G. Abdelkader1984Tom1« épuration biologique des eaux usées ».
- [5] Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.
- [6] Mizi A, (2006), Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA.
- [7] Alain Botta, Laurence Bellon, (2001) Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro Méditerranée TEHYS.
- [8] Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Monteil A ; Riou G ; Simon P, (2006), Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1 ère édition.
- [9] Vaillant J R, (1974) Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eauxrésiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris,
- [10] Rodier J,(2005) L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux Demer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- [11] TaradatMH, (1992), Chimiedeseaux. Première, le griffon d'argileinc, canada.537p.
- [12] Suschka J, Ferreira E. (1986), Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, pp.137-144.
- [13] Metahri Mohammed Saïd, (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville deTizi-Ouzo.

- [14] Brigitte Donnier, La pollution chimique en méditerranée, Laboratoire C.E.R.B.O.M., Nice, France.
- [15] Desjardins-Raymonds, (1997), «Traitement des eaux», deuxième édition, Montréal
- [16] Cherki F, Et Hessa H, « étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université Tlemcen.
- [17] Yahlatene S, Tahirim El Tladj, (2011), « Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran », mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [18] Saggai MM, (2004), Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes acropètes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla. 64p.
- [19] ALEXANDRE O., BOUTIN C., DUCHENE P., LAGRANGE C., LAKEL A., LIENARD A., ORDITZ D. (1997) Filières d'épuration adaptée aux petites collectivités.
- [20] BOEGLIN J.C. (1998) Traitements biologiques des eaux résiduaires.
- [21] DHAOUADI H. (2008) Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques. D'épuration) Tunis.
- [22] PERERA P. et BAUDOT B. (1991) Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France.
- [23] Hadjou Belaid Z, (2013), « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas: STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou- Bakr Belkaid de Tlemcen.
- [24] (2025 1H2O3), La nitrification/dénitrification est le processus biologique, Récupéré de: <https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-biologique/application-traitement-biologique/nitrification-denitrification/>

- [25] MEZIANI H., DRIDI M. et KALLA. 2012. La réutilisation des eaux usées dans la région de Souf-Sahara Algérien, Canadian Journal of Technology and Scientific Management, Vol. 1, Issue 1. Pp.106.
- [26] Faby, J et Brissaud, F. 1997: Utilisation des eaux usées en irrigation, office International de l'eau. ANDI. 2013. Wilaya d' El Oued. 18 p.
- [27] DEGREMANT, 2005, Mémento technique de l'eau. Tomel. 9 ème 6p.
- [28] MOUHAMMED OUALI S., 2001, Procédés unitaires biologique de traitement des eaux.