

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

Université Abderrahmane MIRA- Bejaia

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique



جامعة عبد الرحمان ميرة – بجاية

كلية التكنولوجيا

قسم الري

Office national de l'assainissement (ONA)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

BELAID Sarah

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER**

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : Ouvrages et Aménagement Hydrauliques

INTITULE :

Performances dans le traitement des eaux usées de la
station d'épuration de Bougie plage

Soutenu le **08/07 /2025** devant le jury composé de :

- Présidente : Mme BOUNAB Nadia
- Promoteur (s) : Mr. BOUKERROUI Abdelhamid
- Examineur (s) : Mr. NASRI Kaci

Année universitaire 2024/2025

Remerciement

Je remercie avant tout D.F.E.U de m'avoir donnée la volonté, le courage et la santé pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie fortement mon encadrant : Mr Boukroui

Abdelhamid de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail .

Je remercie l'ensemble du personnel de la station d'épuration des eaux usées Bougie Plage à Béjaia qui a mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour l'élaboration de ce travail.

Je remercie également le directeur Mr Amaniou Mourad , ainsi que tous les personnels de l' Office National d' Assainissement (ONAS) de la ville de Béjaia. Merci de m'avoir permis l'accès aux données nécessaires pour l'accomplissement de ce travail.

Je remercie aussi tous les enseignants du département d'hydraulique à l'université Abderrahmane Mira de Béjaia

Mon respect aux membres de jury qui auront l'honneur de juger mon travail , je les remercie vraiment pour le temps et l'attention qu'ils y accorderont.

Dédicace

Je voudrai tout d'abord dire : Louange à Allah qui ma inspire le courage et la capacité de faire et accomplir ce modeste travail, que je dédie :

À l'âme de mon père.

Parti trop tôt, mais vivant à jamais dans chacun de mes rêves et mes réussites et chaque battement de mon cœur.

À ma chère mère, pour les sacrifices, les encouragements, son amour, tendresse, et son soutien, ces prières tout au long de mes études,

À ma chère sœur unique, Linda pilier de mon cœur pour son encouragement permanent, et son soutien moral,

À mes chère frères, Kourdach, Rahim et Koukou pour leur appuis leur encouragement,

À tout ma famille, pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À toute mes amis, B. Mouhamed Salah , S. Najib, M. Feriel

À toute personne qui m'a aidé ou soutenue

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués,

Merci d'être toujours là pour moi

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale 1

Chapitre I Généralités sur les eaux usées

Introduction 3

1. Généralités sur les eaux usées..... 3

1.1. Définition d'une eau usée : 3

1.2. Les sources des eaux usées : 3

1.2.1. Eaux usées domestiques : 3

1.2.2. Eaux usées industrielles : 4

1.2.3. Eaux usées pluviales : 4

1.2.4. Eaux usées agricoles : 4

1.3. Caractéristiques des eaux usées 5

1.3.1. Caractéristiques physiques : 5

1.3.2 Les caractéristiques chimiques..... 6

1.3.3. Les caractéristiques organoleptiques : 7

1.4. Normes de rejet..... 8

1.4.1. Normes internationales : 8

1.4.2. Les normes algériennes : [4] 9

1.5. Impact des eaux usées sur la santé humaine et l'environnement 9

1.6. Procédés de traitement des eaux usées 10

1.6.1. Définition de l'épuration : 10

1.6.2. Différents Procédés d'épuration des eaux usées : 10

1.6.2.1. Les prétraitements	10
1.6.2.2. Le traitement primaire :	12
1.6.2.3. Le traitement secondaire	13
1.6.2.4. Le traitement tertiaire :	14
1.6.2.5. Le traitement des boues activées :	15
1.7. But de traitement des eaux usées	15
1.8. Avantages	15
Conclusion :	16

Chapitre II Présentation de la STEP de bougie plage

Introduction	17
1. Historique de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Bougie plage.....	17
2. Organisme et potentiel humain :	17
3. Fonctionnement de la STEP de bougie plage :	18
4. Mécanisme de traitement de la station	20
4.1. Prétraitement :	20
4.1.1. Dégrillage :	20
4.2. Bassin d'aération (bassin biologique).....	24
4.4. Recirculation des boues :	27
4.5. Déshydratation mécanique des boues :	27
Conclusion	27

Chapitre III Matériels et méthodes

Introduction	29
1. Echantillonnage	29
2. Prélèvement.....	29
3. Analyses physico-chimiques.....	30
3.1. Température T	30
3.2. Mesure du potentiel d'Hydrogène (pH).....	30

3.3. Matières en suspension (MES)	31
3.4. Mesure de la conductivité électrique	33
3.5. Mesure de l'Oxygène dissous	34
3.6. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	35
Conclusion	37

Chapitre IV Résultats et discussions

Introduction	38
1. Résultats et discussions des paramètres analysés	38
1.1. Les analyses physico-chimique	38
1.1.1. Interprétation des résultats	38
1.2 Paramètre de pollution organique	42
1.2.1 Variation de la Matière en suspension (MES) :	42
1.2.2. Demande chimique en oxygène DBO ₅ :	43
Conclusion	44
Conclusion générale	45
Références bibliographique	46
Résumé	

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Normes internationales des rejets 8

Tableau I.2 : Normes nationales des rejets 9

Tableau I.3 : Différents types de dégrillages 11

Chapitre II

Tableau II.1 : Dimensions de la grille 22

Chapitre III

Tableau III.1 : Grammes de DBO_5 et estimation des volumes d'échantillon à utiliser 37

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Analyses des paramètres physico-chimique de la STEP Bougie Plage..... 38

Tableau IV.2 : Analyses de la Matière en suspension (MES) de la STEP de Bougie Plage . 42

Tableau IV.3 : Analyses de la DBO_5 des eaux de la STEP de bougie Plage..... 43

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Schéma de sources des eaux usées.....	4
Figure I.2 : Le potentiel hydrique (pH).....	6
Figure I.3 : Exemple de déchets lors su dégrillage	11

Chapitre II

Figure II.1 : Vue de la station d'épuration de Bougie Plage (Google earth 19/06/2025)	18
Figure II.2 : Schéma de fonctionnement de la STEP de Bougie Plage	20
Figure II. 3 : Photo représentant une grille séparatrice de déchets grossiers.....	22
Figure II.4 : Photo représentant une grille séparatrice de déchets fin.....	23
Figure II.5 : Photo représentant le Dessableur-déshuileur de la STEP.....	24
Figure II.6 : Photo représentant biologique	26
Figure II.7 : Photo représentant Le clarificateur de la STEP	27

Chapitre III

Figure III.1 : Prélèvement à l'entrée.....	29
Figure III.2 : Prélèvement à la sortie	29
Figure III.3 : Appareil multi paramètres (pH, Température (T)).....	31
Figure III.4 : Les capsules	32
Figure III.5 : Pompe de vide	32
Figure III.6 : Dessicateur	33
Figure III.7 : Balance analytique	33
Figure III.8 : Appareil multi paramètre (CE, température)	34
Figure III.9 : Appareil multi paramètres de mesure de O ₂ dissous.....	35
Figure III.10 : Les flacons	36
Figure III.11 : Les réactifs	36

Chapitre IV

Figure IV.1 : Evaluation du paramètre de température durant les années 2024 et 2025	39
Figure IV.2 : Variation du pH durant les années 2024 et 2025	40
Figure IV.3 : Variation de la conductivité électrique durant les années 2024 et 2025	40
Figure IV.4 : Variation de la teneur en oxygène dissous durant les années 2024 et 2025.....	41

Figure IV.5 : Variation des MES des eaux de la STEP durant les années 2024 et 2025.....	42
Figure IV.6 : Variation de DBO ₅ durant les mois de Mai et Juin 2025.....	44

Liste des symboles et abréviations

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

STEP : Station d'Épuration.

PH : Potentiel hydrique.

ONA : Office National d'Assainissement.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

MES : Matière En Suspension.

°C : degré Celsius.

NH₄⁺ : Ammonium

NO₂ : Nitrite.

NO₃ : Nitrate

µs/cm : Micro siemens par centimètre

CE : Conductivité Electrique

MO : Matière Organique

NT : Azote Total

OD : Oxygène dissous

MMS : Matière minérale en suspension

MVS : Matière volatile

ERU : Eaux résiduaires urbaines

H₂O : Oxyde de dihydrogène

T : Température

Introduction générale

Introduction générale

L'eau, autrement dite « l'or bleu » est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation. Elle l'est également pour ses activités domestique, agricoles, industrielles et touristique. Mais, après les différents usages, cette eau est dégradée et polluée « eaux usées ». Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoutes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menaçant la qualité de l'environnement dans son ensemble.

Le milieu aquatique est souvent le cimetière des eaux usées, ces derniers contribuent à sa dégradation et nuisent à ses organismes vivants. La mer méditerranée, a toujours eu à long terme, des problèmes environnementaux se traduisent par une dégradation côtière et maritime. En effet, la côte occidentale Algérienne est relativement polluée. Cette pollution est la combinaison de plusieurs facteurs, mais les rejets des eaux usées non traitées représentent le facteur le plus important. [1]

Face à cette situation préoccupante, le traitement des eaux usées devient une nécessité absolue pour préserver les milieux naturels et limiter les risques sanitaires. Les stations d'épuration (STEP) sont les structures chargées de cette mission : elles reçoivent les eaux usées, les soumettent à divers procédés de traitements, et rejettent une eau épurée respectant les normes environnementales. L'efficacité de ces stations dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature des eaux reçues, les technologies employées, la qualité de la gestion, ainsi que le suivi et le contrôle réguler des performances.

Dans la wilaya de Béjaïa, la STEP constitue un maillon clé du dispositif environnemental. Située dans une région côtière où les rejets en mer peuvent avoir des conséquences directes sur les écosystèmes marins et les activités humaines, elle joue un rôle crucial dans la lutte contre la pollution. Cependant, comme toute installation son bon fonctionnement doit être vérifié et évalué périodiquement afin de garantir l'efficacité des traitements appliquée. De mon travail, j'ai choisi l'exemple de la station d'épuration des eaux usées (STEP) Bougie Plage –Béjaïa.

Ainsi, ce travail vise à évaluer la performance de la station d'épuration de Bougie Plage à travers une analyse des différents paramètres physico-chimiques et biologique des eaux traitées. L'objectifs principal est de vérifier dans quelle mesure cette station parvient à répondre aux

exigences réglementaires et environnementales, et d'amélioration pour une meilleure efficacité du système.

Mon travail est structuré en quatre chapitre qui seront décrits comme suit :

- Chapitre I : Les généralités sur les eaux usées
- Chapitre II : La présentation de la STEP de Bougie Plage
- Chapitre III : Matériels et méthodes
- Chapitre IV : Résultats et discussion

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

Introduction

Les eaux usées, proviennent des activités humaines et modifient profondément la composition chimique, physique et biologique de l'eau, la transformant en eau usée. Les eaux usées représentent un défi majeur en matière de gestion de l'environnement et de santé publique. Leur rejet sans traitement adéquat peut entraîner une contamination des sols, des nappes phréatiques et des milieux aquatiques, avec des conséquences parfois graves sur les écosystèmes et les populations. C'est pourquoi la compréhension de la nature et de l'origine des polluants présents dans les eaux usées est une étape cruciale avant toute opération de traitement. Dans cette section, nous nous pencherons sur les différents types de polluants susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.

1. Généralités sur les eaux usées

1.1. Définition d'une eau usée :

Les eaux usées appelées eaux résiduelles, eaux d'égout et aussi effluents liquides sont toutes les eaux 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 toutes sortes de pollution et de nuisance [1]

1.2. Les sources des eaux usées :

Nous distinguons quatre grandes catégories d'eaux usées :

- Les eaux domestiques ;
- Les eaux industrielles ;
- Les eaux agricoles ;
- Les eaux pluviales.

1.2.1. Eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques résultent des différentes utilisations de l'eau au sein des habitations. Elles sont généralement chargées en matières organiques et minérales, en produits chimiques divers ainsi qu'en microorganismes. Leur composition varie selon l'origine des rejets, mais elles contiennent généralement une importante charge polluante. [12].

1.2.2. Eaux usées industrielles :

Ce sont toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles. Elles sont très différentes des eaux usées domestique. Leur composition est liée au type d'industrie implantée, dont la pollution est parfois très importante. Elle peut être organique, minérale ou toxique selon l'activité de l'industrie [2].

1.2.3. Eaux usées pluviales :

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues ou sont accumulés les polluants atmosphériques, poussières, détritux, 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 drainées directement dans des rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique [1].

1.2.4. Eaux usées agricoles :

Sont des eaux polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Elles sont très riches en matières azotées ou phosphatées qui proviennent de l'utilisation d'engrais organique ou minéraux pour la fertilisation des terres [2].

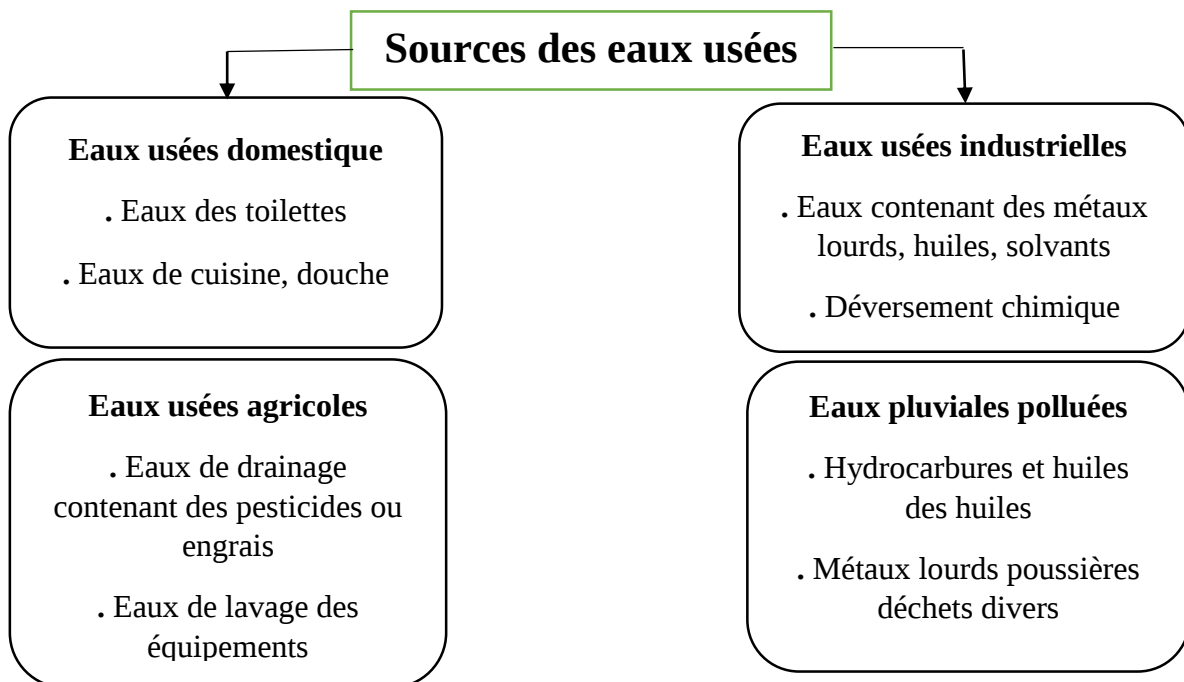


Figure I.1 : Schéma de sources des usées

1.3. Caractéristiques des eaux usées

1.3.1. Caractéristiques physiques :

La température T :

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique, La pollution thermique peut avoir origine des rejets d'eaux chaudes urbains ou industriels dans le cours d'eau.

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 dissous, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels...etc [3].

Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension désignent les particules très fines en suspension (comme le sable, l'argile, les produits organiques, les particules de produits polluants, les micro-organismes, etc.) qui affectent l'aspect de l'eau (turbidité) et empêchent la pénétration de la lumière obligatoire pour la vie aquatique. En excès, elles entraînent ainsi une pollution importante. La mesure de la quantité totale de matières en suspension (MEST) se fait en filtrant un litre d'eau et en pesant les résidus séchés. La valeur est exprimée en mg/l. Selon les estimations, un résident rejette environ 90 grammes de MES par jour dans ses eaux usées.

Les substances dégradables :

Ils indiquent la quantité de substances solides non dissoutes dans l'eau. Un échantillon d'eau au repos est laissé reposer pendant 30 minutes dans un cône d'Imhoff. Cela permet d'évaluer la concentration de sédiments en milligrammes par litre [4].

Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre physico-chimique essentiel qui caractérise l'acidité ou l'alcalinité des eaux usées. Il est exprimé sur une échelle logarithmique allant de 0 à 14, où 0 correspond à une solution fortement acide et 14 à une solution fortement alcaline. Dans le contexte des eaux usées, le pH joue un rôle crucial dans divers processus de traitement, notamment Propriétés physico-chimiques. Le pH influence l'acidité et l'agressivité des eaux usées, ce qui peut avoir des implications sur la corrosion des infrastructures de traitement et sur l'équilibre physico-chimique du milieu aquatique récepteur.

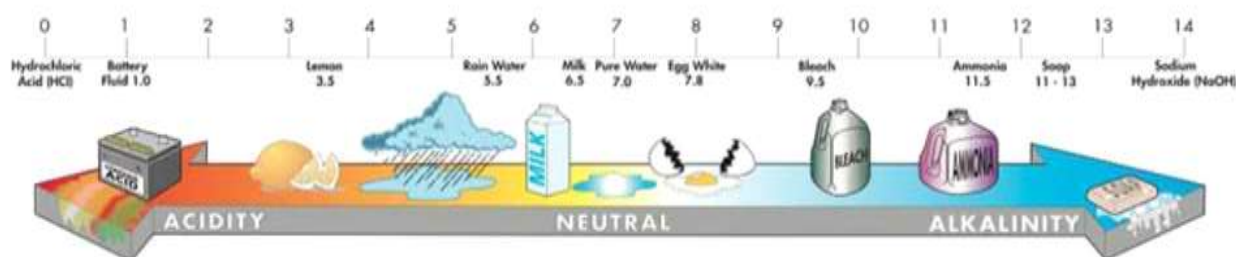


Figure I.2 : Le potentiel hydrique (pH) [4]

Turbidité :

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (MES) [2].

1.3.2 Les caractéristiques chimiques

- **L'oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobie. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique et la force du milieu [13].

- **La demande chimique en oxygène DCO :**

La demande chimique en oxygène est la quantité par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale. La mesure de la DCO est surtout utilisée pour la surveillance des eaux usées urbaines et industrielles.

La DCO est fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de leur l'oxydation. La DCO est la concentration, exprimée en mg.L^{-1} , d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme [3].

- **La demande biochimique en oxygène DBO₅ :**

La demande biochimique en oxygène d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents ou introduits dans un échantillon pour réaliser la dégradation des composés biodégradables présente. C'est un paramètre qui permet

d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. La DBO_5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [2].

- **Nitrites (NO_2^-) :**

Les ions nitrites (NO_2^-) jouent un rôle d'intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Ils représentent un poison potentiellement dangereux pour les organismes aquatiques, même à des concentrations très faibles. Il convient de noter que la toxicité des nitrites augmente avec la température [6].

- **Nitrates(NO_3^-) :**

Les nitrates représentent la stade ultime de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau grâce à l'action des bactéries, telles que les Nitrobacters. Les nitrates en eux-mêmes ne sont pas toxiques, mais des concentrations élevées en nitrates peuvent entraîner le phénomène d'eutrophisation de l'environnement. Il est important de noter que leur potentiel de danger demeure lié à leur possible conversion en nitrites par réduction [6].

- **L'azote (N) :**

L'azote présente dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, des l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total [8].

- **Le phosphore (P) :**

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous deux formes principales : une forme organique, provenant de sources industrielles ou biologiques comme les matières fécales, et une forme minérale comprenant les ortho phosphates et les poly phosphates, issus notamment de lessives et d'engrais phosphatés. L'apport quotidien moyen en phosphore est d'environ 4 grammes par habitant et par jour. La mesure de la quantité de phosphore dans les eaux usées brutes est essentielle pour déterminer la faisabilité du traitement biologique [6].

1.3.3. Les caractéristiques organoleptiques :

- **La couleur**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due

aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [3].

- **Les odeurs**

Les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution [2].

1.4. Normes de rejet

La norme est exprimée par un nombre qui établit une limite maximale à ne pas dépasser ou une limite minimale à respecter. Lorsque la norme est respectée pour un paramètre spécifique, un critère spécifique est rempli. Une loi, une directive, un décret-loi établissent une norme.

1.4.1. Normes internationales :

Plusieurs pays ont mis en place des normes de rejet pour réduire les conséquences néfastes du rejet des eaux usées épurées dans les milieux récepteurs et prévenir toute pollution environnementale. Une règle est établie par une loi, une directive ou une règle. Les normes internationales pour les eaux usées sont établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [5].

Tableau I.1 : Normes internationales des rejets [5]

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
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
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

1.4.2. Les normes algériennes : [4]

Les eaux usées recueillies, que ce soit dans les réseaux urbains ou directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu naturel récepteur (rivière, lac, littoral marin ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles respectent des normes. Etablies par la réglementation. Les valeurs limites de ce rejet sont établies par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne, dans son chapitre I, article 2. Une nouvelle réglementation vient de renforcer ces mêmes valeurs. ; Le Décret Exécutif n° 06-141 19 Avril 2006, section 1, article 3. Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.2 : Normes nationales des rejets [4]

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6.5 – 8.5
DBO5	<40 mg/l
DCO	<120 mg/l
MES	< 20 mg/l
Azote total	<40 mg/l
Phosphore total	<10 mg/l
Plomb total	<1 mg/l
Température	< 30°C
fer	< 5 mg/l
Cuivre	< 3 mg/l

1.5. Impact des eaux usées sur la santé humaine et l'environnement

Le rejet des eaux usées brutes perturbent l'équilibre du milieu récepteur d'une part, et d'autre part la perte de ces eaux sans récupération. La quantité de pollution rejetée est devenue incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes sur la santé publique et l'environnement [6].

- **Risque sur l'environnement :**

Le rejet d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraîne la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines, une fois rejetées dans les plans

d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrant dans les aquifères, ou elles peuvent affecter la qualité (et donc la disponibilité) des approvisionnements en eau douce.

Parmi les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate on peut citer :

- . Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- . Présence de produits toxiques.
- . Prolifération d'algues.
- . Modification physique du milieu récepteur.
- . Présence de bactéries ou virus dangereux [6].

- **Risque sur la santé humaine :**

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques ils sont dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui constitue par un risque pour la santé [6].

1.6. Procédées de traitement des eaux usées

1.6.1. Définition de l'épuration :

L'épuration des eaux usées consiste à améliorer la qualité des eaux résiduelles rejetées afin de les rendre conformes aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable. L'épuration permet à ces substances de circuler à travers différents établissements où elles sont soumises à des pertes de charge [7].

1.6.2. Différents Procédés d'épuration des eaux usées :

1.6.2.1. Les prétraitements

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages. Ils permettent d'éliminer les matières les plus grossières, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité

des étapes ultérieures, et éliminer aussi les éléments en suspension ou en flottation qui pourraient constituer une gêne pour les traitements ultérieurs [3].

Les étapes successives du prétraitement sont :

- . Le relevage
- . Le dégrillage
- . Le dessablage
- . Le déshuilage

a. Le relevage :

Le relevage est nécessaire avant tout prétraitement pour assurer un passage gravitaire de l'eau dans les différents ouvrages de traitement [3].

b. Le dégrillage :

Le dégrillage consiste à retenir les gros déchets solide insolubles tels que les bois, plastique, papiers, bouteilles, feuilles, etc. En effet, ces déchets ne peuvent pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Différents types de dégrillage sont définis selon l'espacement des barreaux [11].

Tableau I.3 : Différents types de dégrillage [11]

Type de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	1-10mm
Dégrillage	10-100mm



Figure I.3 : Le déchet le dégrillage

c. Le dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les sables, les particules minérales et les matières en suspension de granulométrie compris entre 200 et 300 μ m. De façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableurs » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe [11].

d. Dégraissage :

Dans cette étape des procédés physique, des phénomènes de flottation sont utilisés pour éliminer les graisses (matières grasses) et les huiles difficilement biodégradables, qui possédant des densités inférieures à celle de l'eau. La récupération des graisses permet de palier à divers problèmes comme le colmatage des conduites [3].

e. Dessablage-dégraissage :

Le dessablage (retrait des graviers, sables et autres éléments lourds) et le dessablage-dégraissage (retrait des graisses, huiles et toutes autres matières flottantes) consistent à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait déposer les sables et flotter les graisses. Le dessablage repose sur le principe de décantation, et les sables sont récupérés par pompage puis envoyés vers un classificateur à sable qui sépare le sable de l'eau alors que les graisses et les huiles sont raclées en surface qui sont ensuite envoyées vers le concentrateur. Ce procédé vise à éliminer la présence de corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique. Les eaux passent vers un bac de répartition des débits à partir des canaux en inox afin de distribuer cette eau vers les bassins biologiques [1].

1.6.2.2. Le traitement primaire :

Le traitement primaire a pour rôle ; l'élimination des matières en suspension facilement décantables. L'eau passe à travers le bassin décanteur, à faible vitesse. Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension décantables. L'utilisation des réactifs chimiques pour éliminer les particules plus fines constitue un traitement physico-chimique (sel de fer ou d'aluminium) qui produit l'agglomération des particules en suspension, provoquant ainsi leur chute au fond de l'ouvrage. C'est le procédé bien connu de coagulation-floculation-décantation [1].

1.6.2.3. Le traitement secondaire

Le traitement secondaire, conçu à l'origine pour l'élimination des MES et de la pollution carbonée, a pour objet de poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire ou bien issu d'un prétraitement. Deux types de procédés sont ainsi distingués et ce en fonction de la qualité de l'effluent :

- . Les procédés physico-chimique.
- . Les procédés biologiques. [3]

a. Procédés physico-chimiques

Consiste à transformer chimiquement, à l'aide de réactifs, les matières non biodégradables. Ce dernier étant coûteux et difficile à réaliser, s'applique beaucoup plus aux eaux résiduaires industrielles ou aux eaux contenant des résidus d'usines susceptibles d'entraver des processus biologiques. Les rendements épuratoires sont excellents, car l'élimination des MES se situe entre 80% et 95% , celle des matières organiques entre 65 et 75% , mais ce procédé entraîne aussi une surproduction de boues allant de 15 à 25% [3].

b. Procédés biologique :

L'élimination de matières organiques (carbonées ou azotées) implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries. Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale (NH_3) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobiose), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène comme le NH_3 (anoxie), SO_4 et CO_2 (anaérobiose). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des MES.

Plusieurs types de bassins ou réacteurs sont utilisés, selon que les micro-organismes sont fixés sur un support ou en suspension dans l'eau, on parle de :

- . Culture libres comme le lagunage naturel et le lagunage aéré ou boues activées lorsque la biomasse est en suspension, ou les mécanismes d'autoépuration des milieux aquatiques sont reproduits en accéléré.
- . Cultures fixées ou lits bactériens lorsque la biomasse est fixée sur un support : ici on reproduit en accéléré le mécanisme de bio-filtration par le sol [3].

1.6.2.4. Le traitement tertiaire :

Les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs (exemple : rejet dans les milieux aquatiques en zone plus ou moins sensible), Et dans le but soit d'une réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou industrielles (exemple : refroidissement des turbines), soit encore de la protection des prises d'eau situées en aval. Ces traitements visent principalement l'élimination du phosphore et des germes pathogènes [3].

a. La dé-phosphatation :

L'élimination du phosphore concerne le traitement de dé-phosphatation, soit physico-chimique soit biologique.

- Dé-phosphatation biologique : de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la dé-phosphatation physico-chimique.
- Dé-phosphatation physico-chimique : La dé-phosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et s'effectuer soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final [3].

b. La désinfection :

La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes, et des micro-organismes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines (ERU) varient suivant la nature du milieu récepteur. On peut distinguer deux catégories de traitement :

- Les procédés extensifs comme le lagunage et l'infiltration-percolation (filtration à travers un massif filtrant).
- Les procédés physico-chimiques intensifs comme la désinfection par le chlore, l'acide péraétique, les UV, l'ozone ou la filtration sur membranes d'ultra ou de microfiltration.

1.6.2.5. Le traitement des boues activées :

Le traitement des boues activées consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée, l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène par (le brassage, l'injection d'air comprimé, voire même d'oxygène pur), a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues [2].

1.7. But de traitement des eaux usées

Le but de traitement des eaux usées est d'obtenir une eau épurée qui répond aux normes de rejets fixées par la législation et pouvant par suite être évacuées sans changer dans le milieu naturel. Ces traitements vont diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées. Le nettoyage des eaux usées obéit donc à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement [2].

1.8. Avantages

Les avantages sont multiples et qui sont décrits comme ci-dessous :

- . Conservation des ressources en eau douce : La réutilisation des eaux usées épurées préserve les précieuses réserves d'eau douce en réduisant la demande en eau potable, ce qui est essentiel pour faire face à la raréfaction de cette ressource.
- . Réduction des coûts de traitement de l'eau : Cette pratique permet des économies significatives en évitant les coûts élevés associés au traitement de l'eau potable, ce qui est particulièrement avantageux pour les municipalités et les industries.
- . Protection de la qualité de l'eau : En retirant les contaminants des eaux usées, la réutilisation contribue à réduire la pollution des cours d'eau, préservant ainsi les écosystèmes aquatiques et la santé publique.
- . Diversification des sources d'eau : En intégrant les eaux recyclées dans l'approvisionnement en eau, on renforce la sécurité face aux crises hydriques, garantissant un approvisionnement stable même période de sécheresse.

. Réduction de l'empreinte environnementale : La réutilisation des eaux usées épurées favorise une approche plus durable de la gestion de l'eau, réduisant l'impact globale sur l'environnement grâce à une utilisation plus efficace des ressources hydriques [6].

Conclusion :

Les eaux usées viennent de différentes sources et ont des compositions très variées. Si elles ne sont pas traitées avant d'être rejetées dans la nature, elles peuvent causer des problèmes pour l'environnement. C'est pour ça qu'il est important de bien comprendre d'où elles viennent et ce qu'elles contiennent. En faisant cette analyse, on peut améliorer les méthodes de traitement et rendre leurs rejets moins nocifs, tout en protégeant la santé et l'environnement.

Chapitre II

Présentation de la STEP de Bougie plage

Introduction

Une station d'épuration a pour mission de traiter les eaux usées afin de limiter leur impact sur l'environnement, en respectant les normes de qualité imposées par la réglementation. Cela permet de protéger le milieu naturel, notamment les cours d'eau la mer et les zones côtières, contre les risques de pollution. Dans le cadre de ce travail, suis on s'est intéressée à la station d'épuration de Bougie Plage, une installation conçue pour répondre aux besoins croissants en matière d'assainissement des eaux usées de la ville de Bejaia. Il s'agit d'une station biologique qui utilise le procédé des boues activées en faible charge, avec une stabilisation aérobie des boues. Ce chapitre est consacré à la présentation générale de cette station, son historique, sa localisation, ces caractéristiques principales, son rôle, ainsi que les installations qu'elle comprend.

1. Historique de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Bougie plage

Le début de l'installation du projet de la station été en 1983, elle a été mise en place sous la maitrise d'ouvrage de la wilaya de Béjaia, Sa réalisation a été confiée au groupement d'entreprises EPPM et BONNA (Tunisie) avec le bureau de contrôle et de suivi assuré par CTH Alger. Les études et la réalisation du projet ont été prévues sur une durée du 12 mois. La STEP a pour mission principale l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Bejaia. Dimensionnée pour répondre aux besoins jusqu'à l'horizon de 5,25 hectares à 0,7 mètres d'altitudes. Le réseau de collecte des eaux usées est de type unitaire, et les débits traités atteignent jusqu'à 41 585 m³/j. Le traitement est assuré par un système à boue activée à faible charge, avec décantation secondaire et déshydratation mécanique des boues. Les eaux traitées sont ensuite rejetées en mer. Les charges polluantes des eaux brutes atteignent 16 046 kg/j de DBO₅, 36 906 kg/j de DCO et 21 394 kg/j de MES. Après traitement, les eaux épurées présentent des concentrations de 30mg/l en DBO₅, 60 mg/l en DCO et 30 mg/l en MES, assurant ainsi une protection efficace de l'environnement et des ressources naturelles locales [10].

2. Organisme et potentiel humain :

Le personnel d'une station d'épuration est composé d'agents qualifiés qui possèdent les compétences nécessaires pour assurer les différentes tâches liées à l'exploitation et à la maintenance de la station. On peut distinguer les catégories suivantes :

- **Opérateurs** : assurent la surveillance et le contrôle des installations, effectuent les réglages nécessaires et procèdent aux interventions de routine.
- **Techniciens** : interviennent pour des tâches plus complexes, telles que la maintenance des équipements, la réalisation d'analyses et la réparation des pannes.
- **Ingénieurs** : supervisent le fonctionnement de la station, gèrent les projets de maintenance et d'amélioration, et assurent la liaison avec l'organisme gestionnaire.
- **Biologistes** : effectuent les analyses microbiologiques et physico-chimie des effluents, interprètent les résultats et contribuent à l'optimisation du processus de traitement.
- **Administratifs** : gèrent les tâches administratives et financières de la station, préparent les rapports et assurent la communication avec les autorités compétentes.

3. Fonctionnement de la STEP de bougie plage :

La station d'épuration de Bougie Plage est équipée de plusieurs installations qui permettent de traiter les eaux usées étape par étape, jusqu'à atteindre une qualité conforme aux normes avant leur rejet dans le milieu naturel. Chaque étape du processus est conçue pour éliminer progressivement les différents types de pollution présents dans l'eau. Voici comment se déroule le traitement dans la station :

. **Dégrillage grossier** : La première étape consiste à filtrer les déchets solides de grande taille (comme les plastiques, papiers, etc.) à l'aide de grilles, certaines étant nettoyées manuellement, d'autres mécaniquement.

. **Dessablage et dégraissage** : Ensuite, les eaux passent par des canaux dessableurs aérés, qui permettent de séparer le sable et les graisses. Un système d'écumage est utilisé pour retirer les flottants.

. **Traitement biologique** : Après le prétraitement, les eaux sont envoyées dans des bassins où s'effectue un traitement biologique avec des boues activées en faible charge. Des micro-organismes y dégradent la pollution organique.

. **Décantation secondaire** : Les eaux biologiquement traitées passent ensuite dans des décanteurs secondaires circulaires équipés de racleurs, qui permettent de séparer les boues biologiques de l'eau clarifiée.

. **Dégrillage du retour des boues** : Il y a aussi un dégrillage manuel installé dans le canal de retour des boues activées, pour retenir les éventuels résidus solides.

Concernant les boues produites pendant le traitement :

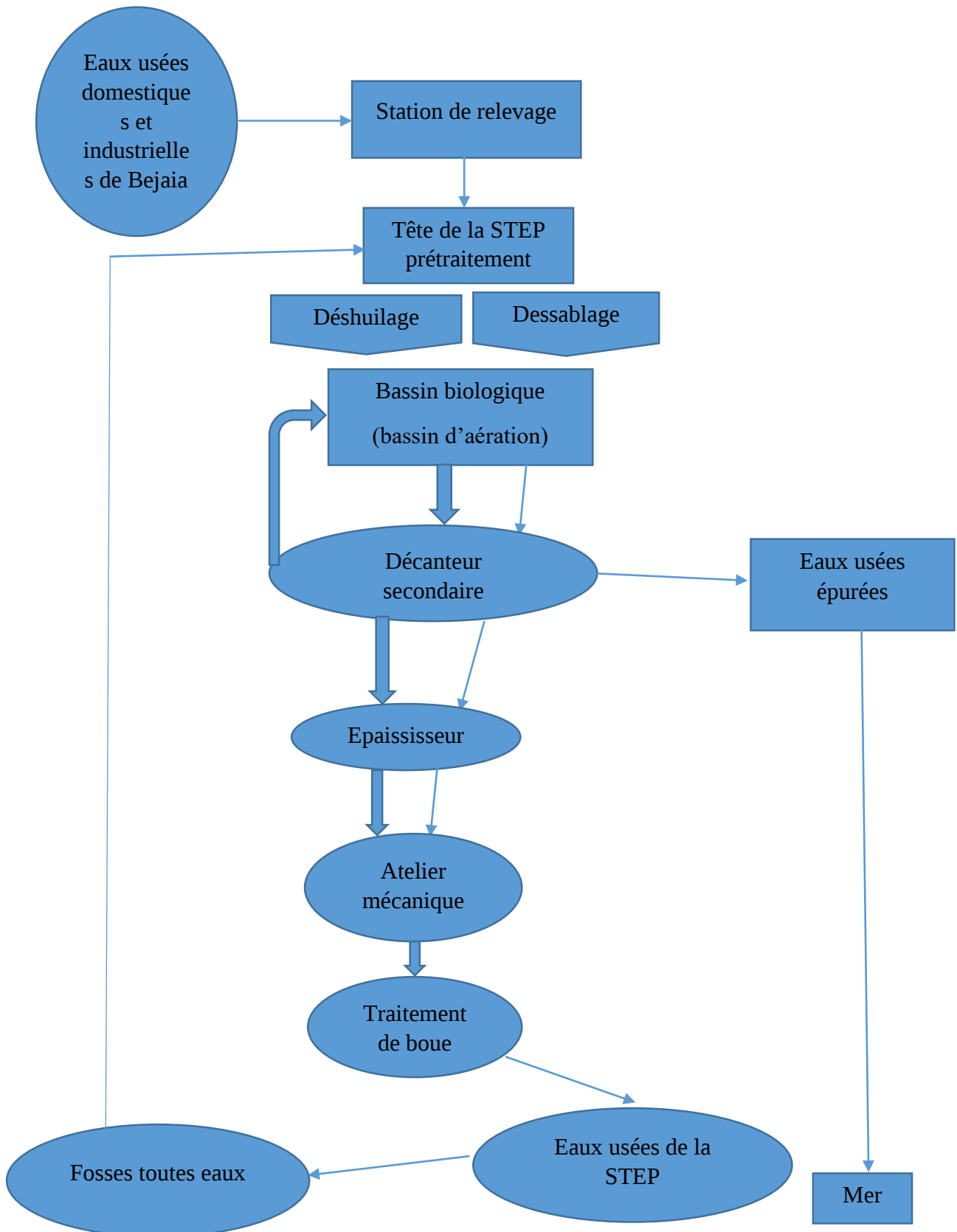


Figure II.2 : Organigramme de fonctionnement de la STEP de Bougie Plage.

4. Mécanisme de traitement de la station

4.1. Prétraitement :

Le prétraitement est une série d'opération qui a pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées et de retire de l'effluent des matières susceptibles des gêner les traitements ultérieurs. Il est constitué des opérations suivantes : [2]

4.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage constitue la première barrière physique dans le processus de traitement des eaux usées. Son rôle est d'éliminer les éléments solides de grande taille présents dans les eaux brutes, afin de préserver les équipements en aval et d'assurer un fonctionnement optimal de la station. Cette opération repose sur deux types de grilles :

. **La grille automatique**, placée dans le canal d'arrivée, fonctionne grâce à une chaîne mécanique pilotée par un automate de commande. Elle assure une collecte continue des déchets grossiers, sans intervention humaine directe.

. **La grille manuelle**, quant à elle, est utilisée ponctuellement. Elle nécessite l'intervention des agents d'exploitation qui procèdent manuellement au raclage des déchets retenus.

Ces deux dispositifs forment un système complémentaire, garantissant une élimination efficace des matières flottantes et volumineuses. Leur fonctionnement permet de limiter l'encrassement des installations suivantes, notamment les pompes de relevage, souvent sensibles à ce type de déchets.

Une grille en acier inoxydable, à nettoyage automatique, est installée dans le canal principal. Elle a été choisie pour sa résistance à la corrosion et sa durabilité. Ses dimensions techniques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Dimensions de la grille

Largeur (mm)	Longueur (m)	Hauteur totale (m)	Grillemanuelle(mm)	Volumeutile (m ³)	Séparation entre barreaux (m)	Hauteur totale de la grille (m)
600	3	2.88	600	12.24	12	2.88

a. Le dégrilleur grossier

Dans le cadre du processus de traitements des eaux usées, différents phases essentielles sont mises en œuvre pour assurer une purification adéquate. Le dégrillage grossier, parmi d'autres méthodes, occupe une place primordiale dans cette démarche.

. Les grilles sont disposées verticalement en ligne droite par rapport au plan horizontal.

. L'espacement entre les barreaux mesure 50mm. Les eaux entrant par le by-pass sont dirigées vers le puits à gros déchets via des conduites en charge, en vue de l'élimination des matériaux solides présentant un diamètre significatif voir (figure II.3). Une pince bivalve a pour objectif d'extraire les matière décantées, suivies de leurs évacuations par un tracteur. La capacité maximale de la pince bivalve atteint 0,1 m³ [6].



Figure II.3: Photo représentant une grille séparatrice de déchets grossiers

b. Le dégrilleur fin :

La station d'épuration de Bougie Plage est équipée de deux grilles fines automatiques, installées dans deux canaux parallèles de prétraitement. Ces grilles, présentant un espacement de 3 mm entre les barreaux, permettent de retenir les déchets solides de petite taille présents dans les eaux usées. En complément, une grille manuelle à large espacement de 12 mm est également mise en place afin de renforcer la séparation des déchets volumineux. L'ensemble de ces canaux reçoit les eaux usées préalablement pompées depuis le bassin d'élévation (voir figureII.4) [6].



Figure II.4 : Photo représentant une grille séparatrice de déchets fins

4.1.2. Dessablage et dégraissage

À la station d'épuration de Bougie Plage, le dessablage et le dégraissage sont des étapes essentielles du prétraitement, visant à éliminer les matières lourdes (sables) ainsi que les huiles et graisses présentes dans les eaux usées. L'objectif principal est d'éviter l'accumulation de ces éléments dans le bassin de traitement biologique, où les graisses, en formant une couche en surface, peuvent bloquer les échanges gazeux entre l'air et l'eau, perturbant ainsi le fonctionnement des micro-organismes. Le processus est assuré par un pont mobile se déplaçant le long du canal de dessablage. Ce pont est équipé d'une pompe d'extraction qui aspire les sables déposés au fond du bassin. Le sable ainsi récupéré est transporté vers des canaux centraux, puis dirigé vers un classificateur de sable, qui sépare les particules et les transfère dans un collecteur. Le dégraissage est assuré par un système de raclettes de surface. Ces raclettes poussent les huiles et graisses flottantes vers les côtés du canal, où elles sont dirigées vers un canal de collecte situé à l'arrière du déssableur-déshuileur.



Figure II.5: Photo représentant le Dessableur_déshuileur

4.2. Bassin d'aération (bassin biologique)

La plupart des procédés destinés à l'épuration des eaux usées d'origine urbaine ou industrielle font une phase biologique aérobie. Au cours de cette phase, les microorganismes dégradent la matière organique par oxydation et les matières en suspension (MES) sont retenues par les bioflocs. Les bactéries retirent de cette opération l'énergie nécessaire à leur survie et synthèse de composés de réserve. L'alternance d'un bassin d'anoxie et d'un bassin d'aération permet de réaliser l'élimination des matières azotées. C'est dans le bassin d'anoxie qu'a lieu la dénitrification. Il reçoit la liqueur mixte qui assure l'apport en nitrates formés dans le bassin d'aérobie, les eaux brutes et les boues recirculées maintiennent la concentration en flore dénitrifiant. [14]

Le système utilisé est un réacteur de type Carrousel, qui fonctionne selon le principe des boues activées à faible charge, en utilisant des canaux d'oxydation. Ce type de réacteur permet de contrôler facilement les différentes conditions biologiques – anaérobie, anoxique et aérobie – afin d'assurer des rendements épuratoires optimaux selon les charges polluantes entrantes.

Le réacteur est conçu pour :

- . Éliminer la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5) ;
- . Réaliser les processus de nitrification et de dénitrification.

La dégradation de la pollution organique biodégradable est assurée par les micro-organismes présents dans la boue activée. Ceux-ci utilisent également une partie de la pollution azotée pour leur métabolisme. Le traitement de l'azote se fait en plusieurs étapes

Ammonification : l'azote organique est transformé en azote ammoniacal (NH_4^+).

Nitrification : une oxydation biologique en deux phases :

Les bactéries du genre *Nitrosomonas* convertissent l'ammoniac en nitrites (NO_2^-)

Les *Nitrobacters* transforment les nitrites en nitrates (NO_3^-)

Ces étapes nécessitent une oxygénation optimale.

Dénitrification : en absence d'oxygène (zone anoxique), les nitrates sont réduits en azote gazeux (N_2), qui est ensuite libéré dans l'atmosphère

Ce processus permet ainsi de compléter l'élimination de l'azote présent dans les eaux usées.



Figure II.6 : Photo représentant le bassin biologique

4.3. Décanteur secondaire (clarificateur) :

En sortie de réacteur, nous obtenons une liqueur mixte composée de boues floculées et d'eau épurée prête à être rejetée en milieu naturel. Elles sont séparées au sein du clarificateur qui a une fonction de séparation de phase et une fonction d'épaississement afin de ramener la boue la plus concentrée possible dans le réacteur biologique. Du fait de l'absence d'oxygène, le temps de passage des boues doit être le plus faible possible pour éviter qu'elles ne se trouvent en phase anaérobie. Ceci aurait pour conséquence l'apparition d'odeurs ainsi qu'une détérioration de la qualité mécanique de la boue perturbant tant le traitement biologique de l'eau que le traitement ultérieur des boues [15].



Figure II.7 : Photo représentant le clarificateur

4.4. Recirculation des boues :

Le dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique est récupéré dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaires pour assurer le niveau d'épuration recherché. [2]

4.5. Déshydratation mécanique des boues :

Le but de cette étape est de porter la siccité des boues à une valeur telle que leur transport soit facilité par réduction du volume. Le produit fini pourra ainsi être aisément utilisable en agriculture comme excellent amendement des sols, ou être versé en décharge publique. Les boues épaissies sont pompées vers un filtre à bande au moyen d'une pompe à rotor hélicoïdal [2].

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en application les connaissances théoriques acquises, en analysant de manière approfondie la station d'épuration de Bougie Plage. Nous avons pu étudier ses conditions de fonctionnement ainsi que les différentes étapes du traitement des eaux usées. La filière de traitement comprend le prétraitement (dégrillage grossier et mécanisé, dessablage et déshuilage), le traitement biologique réalisé à travers deux bassins d'aération, ainsi que la décantation secondaire assurée par deux clarificateurs. Par ailleurs, le traitement des boues suit un processus structuré incluant la stabilisation et le séchage. Cette étude a ainsi offert une vision concrète du fonctionnement global d'une station d'épuration moderne.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modification des caractéristiques de l'échantillon [9].

2. Prélèvement

Pour les prélèvements destinés à l'analyse physico-chimiques des eaux, le premier prélèvement est prélevé à l'entrée de la station constituant ainsi l'eau brute (Figure III.1), l'autre du bassin de désinfection constituant l'eau traitée (Figure III.2). Il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons, en utilisant des gants jetables à chaque prélèvement [9].



Figure III.1 : Prélèvement à l'entrée



Figure III.2 : Prélèvement à la sortie

3. Analyses physico-chimiques

3.1. Température T

La température est un facteur important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique) sa mesure permet de mieux connaître le caractère et le comportement d'un échantillon. Pratiquement la température est mesurée à l'aide d'un appareil multi paramètres [16].

. Mode opératoire

- . Rincer l'électrode avec l'eau distillée et essuyer avec de papier absorbant.
- . Introduire la sonde dans l'échantillon d'eau.
- . Laisser l'appareil se stabiliser et faire la lecture.
- . L'appareil affiche le résultat en °C [9].

3.2. Mesure du potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien il permet aussi de mesurer l'acidité ou la basicité de l'eau. La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un appareil multi paramètres (pH, température) muni d'une sonde et d'une électrode en verre [1].

. Mode opératoire

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche :

- . Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc..
- . Dégager l'électrode de son support.
- . Oter le chapeau protecteur de l'électrode double.
- . Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée.
- . Essuyer l'extrémité de l'électrode.
- . Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée puis avec l'échantillon.
- . Remplir le vase de mesure avec l'échantillon.
- . Immerger l'électrode avec précaution habituelles.
- . Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée [9].



Figure III.3: Appareil multi paramètres (pH, température)

3.3. 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. Les MES s'obtiennent par filtration des effluent peu chargés, La mesure de MES repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 0,45 microns et les résidus sur cette dernière sont pesée.

. Matériels et réactifs

- . Pompes de vide.
- . Unité de filtration.
- . Filtres de micro fibre de verre.
- . Poêle.
- . Dessiccateur.
- . Balance analytique.
- . Pince.

. Procédure expérimentale

- Sécher le filtre de 0,45 µm à 105 °C.
- Peser à 0,1 mg près, après passage au dessiccateur (P0).
- Mettre en place l'équipement de filtration et le dispositif d'aspiration en marche.
- Verser l'échantillon (V ml) sur le filtre et rincer le filtre ainsi que les parois de l'entonnoir de filtration avec 10 ml d'eau distillée.
- Laisser essorer le filtre pour le mettre ensuite sur la boîte pétri et sécher à 105°C.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur et peser jusqu'au poids constant (P1).

La teneur en matières en suspension (MES)

$$\text{MES}(\text{mg/l}) = [(P1-P0)/V]*1000$$

P0 : Poids du filtre vide.

P1 : Poids de filtre après filtration



Figure III.4 : Les capsules



Figure III.5 : Pompe de vide



Figure III.6 : Dessiccateur



Figure III.7 : Balance analytique

3.4. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous. L'unité de conductivité utilisée en chimie des eaux est micro siemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$) [17].

. Mode opératoire

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour prolonger la sonde de conductivité.

- . Vérifier les connexions cellule/conductimètre ;
- . Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement.
- . Rincer et essuyer soigneusement la cellule.
- . Immerger la cellule dans l'eau.
- . Agiter la sonde légèrement.
- . Lire le résultat.

La mesure terminée, éteindre l'instrument et, si nécessaire, nettoyer la sonde. Après chaque série de mesure, rincer l'électrode à l'eau déminéralisation [9].



Figure III.8 : Appareil multi paramètre (CE, température)

3.5. Mesure de l'Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Il permet de déterminer la quantité d'oxygène dissout dans l'eau, afin d'évaluer la capacité de la biodégradabilité des matières organiques par les bactéries aérobies [1].



. Mode opératoire

Analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de mesure. L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, on suit les étapes suivantes :

- . Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée.
- . Immerger la cellule dans l'eau.
- . lire le résultat.

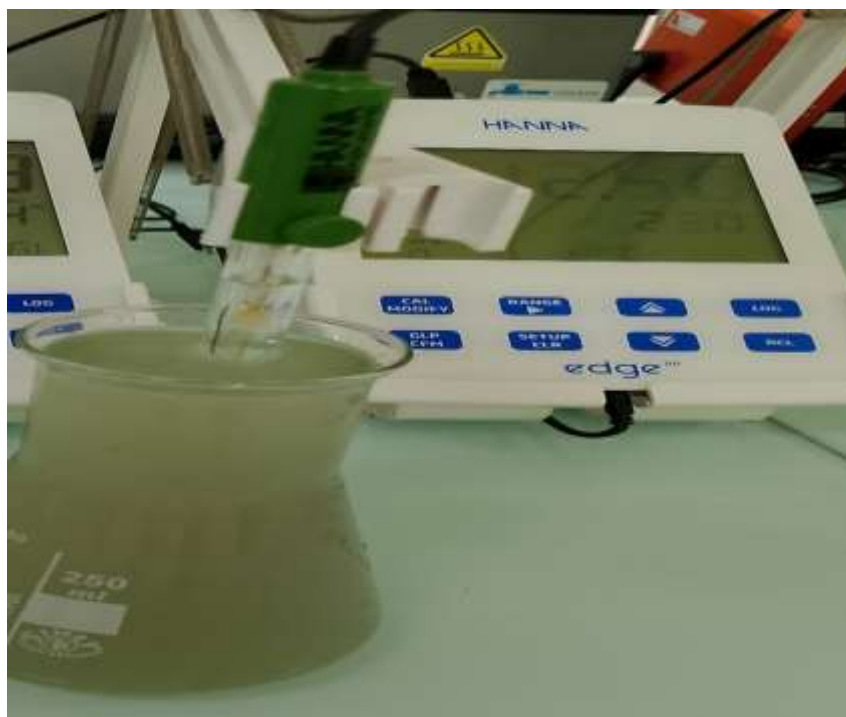
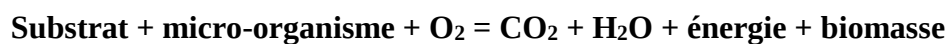


Figure III.9 : Appareil multi paramètre de mesure de O₂ dissous

3.6. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon, mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organique biodégradable grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie, elle se résume à la réaction chimique suivante :



La DBO₅ permet de déterminer la teneur de l'ensemble des matières organiques biodégradable. La mesure de la DBO₅ se base sur la mesure de la pression dans un système fermé ou les microorganismes consomment l'oxygène dans l'échantillon en générant des émissions de CO₂ absorbé par NaOH et une pression négative est créé et mesurée directement par le transmetteur qui transforme la valeur de la pression directement à DBO₅ (mg/l) [1].

. Mode opératoire

- Dans un flacon contenant un barreau magnétique, introduire un volume de l'échantillon qui dépend de la DBO_5 mesurée.
- Ajouter un inhibiteur de nitrification.
- Dans la nacelle (le goulot), introduire 2 à 3 grains d'hydroxyde de potassium.
- Prendre toutes les précautions pour que la solution ne déborde pas et ne risque pas de contaminer l'échantillon.
- Fermer ensuite hermétiquement le flacon.
- Mettre ce flacon à incuber à 20 °C pendant 5 jours sous agitation constante.
- Pendant les 5 jours il faut agiter l'échantillon d'eau continuellement. Le capteur DBO_5 mémorise automatiquement chaque 24 heures une valeur de mesure durant 5 jours maximum.



Figure III.10 : Les flacon

Pour bien profiter de la carcasse de mesure, il faut sélectionner un volume d'échantillon correspondante à la DBO qui on espère obtenir :

Tableau III.1 : Grammes de DBO₅ et estimation des volumes d'échantillon à utiliser.

Intervalle des valeurs de DBO ₅ (mg/l)	Volume d'échantillon Nécessaire (ml)	Facteur de dilution
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43,5	50
0-4000	22,7	100

Conclusion

Les analyses réalisées au laboratoire de la STEP de Bougie Plage visaient à contrôler la qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la station, c'est-à-dire avant et après le traitement. Plusieurs paramètres ont été mesurés afin d'évaluer la qualité biologique et physico-chimique de ces eaux.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Introduction

Dans cette partie je présente les résultats relatifs à l'analyse des différentes eaux mesurés au niveau de la STEP de Bougie Plage, durant l'année 2024 (mars, avril, mai et juin) et les mois (Mai, Juin) 2025 et comparer les résultats avec ceux des normes des rejets en vue d'évaluer l'efficacité de la station d'épuration de Bougie Plage.

1. Résultats et discussions des paramètres analysés

1.1. Les analyses physico-chimique

Le tableau (IV.1) regroupe l'ensemble des résultats relatifs à la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les analyses n'ont pas été faites de manière périodique par manque de moyens et de la mise hors service temporaire de la station (arrêts temporaire du fonctionnement de la STEP). Dans ce tableau sont représentés les résultats de l'année 2024 (Mars, Avril, Mai et Juin) et l'année 2025 (Mai et Juin) période de mon stage.

Tableau IV.1 : Analyse des paramètres physico-chimiques de la STEP Bougie Plage

Période	Température °C		pH		Conductivité (mS/cm)		O ₂ dissous mg/l	
	E	S	E	S	E	S	E	S
Mars2024	19	18,31	7,78	7,97	1904	1992	3,26	6,75
Avril2024	19,98	19,7	7,92	8,04	1786	1943	1,81	5,38
Mai2024	22,05	21,93	7,88	8,04	1961	1987	2,04	3,22
Juin2024	24,92	24,82	7,78	8,09	2038	2132	1,74	5,45
Mai2025	22,55	22,5	8,19	7,93	1966	2083	2,56	3,92
Juin2025	24,18	25,26	7,75	7,96	2005	2126	1,18	5,31
Norme (OMS)	30		6,5 - 9		2500		5	

E : Entrée de la STEP **S :** Sortie de la STEP

1.1.1. Interprétation des résultats

a. La température :

La température est un facteur très important, qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimique des eaux. Un réchauffement ou bien un refroidissement peut perturber fortement le phénomène d'épuration des eaux mais ce changement peut aussi être un facteur de croissance de la productivité microbienne [9].

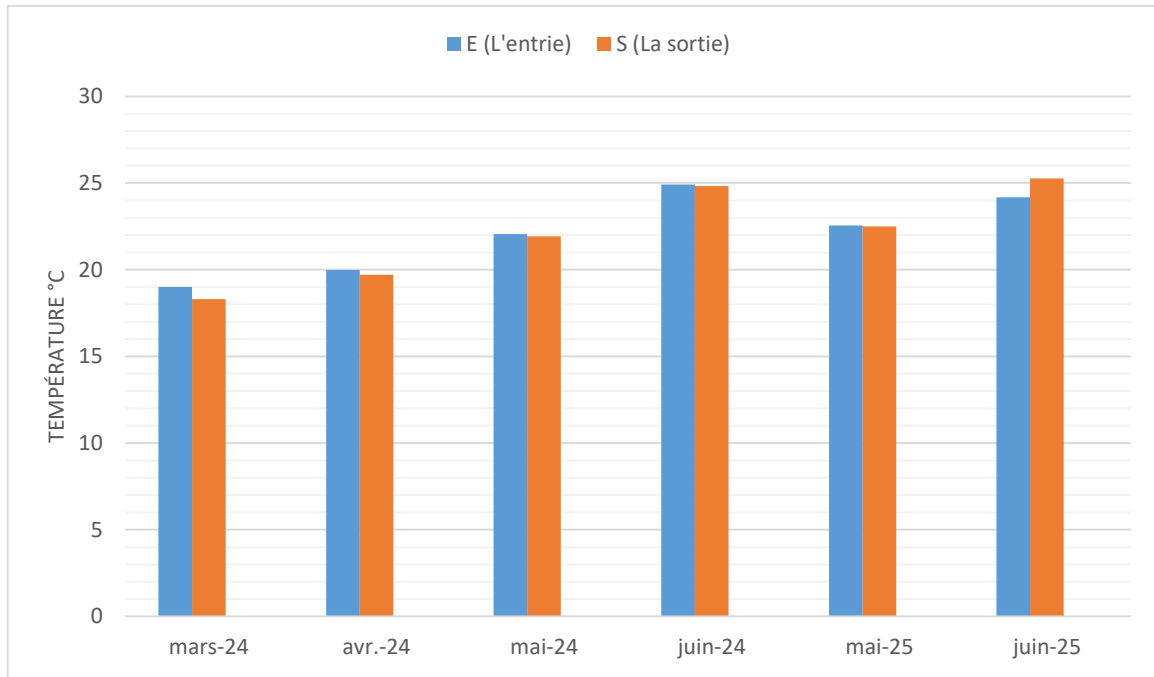


Figure IV.1 : Evolution du paramètre de température durant les années 2024 et 2025

La figure IV.1 représente le graphique résumant les résultats des températures moyenne obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP de Bougie Plage.

On observe d'abord que la température de l'eau est inférieure à 30°C et les valeurs des différents échantillons sont proches. Elles sont situées dans un intervalle de 19 et 24,92 à l'entrée (l'eau brute) et 18 et 25,26 à la sortie de la STEP (l'eau épurée).

Comparativement aux normes algériennes relatives rejets des eaux usées admise dans la nature qui sont de l'ordre de 30°C, les rejets de la STEP de Bougie Plage sont conformes [9].

b. Variation du potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau dépend de la nature des microorganismes. Un pH allant de 6 à 9 est un pH souhaitable pour le maintien de la vie des micro-organismes peuplant les bassins d'aération et de décantation de la STEP [18].

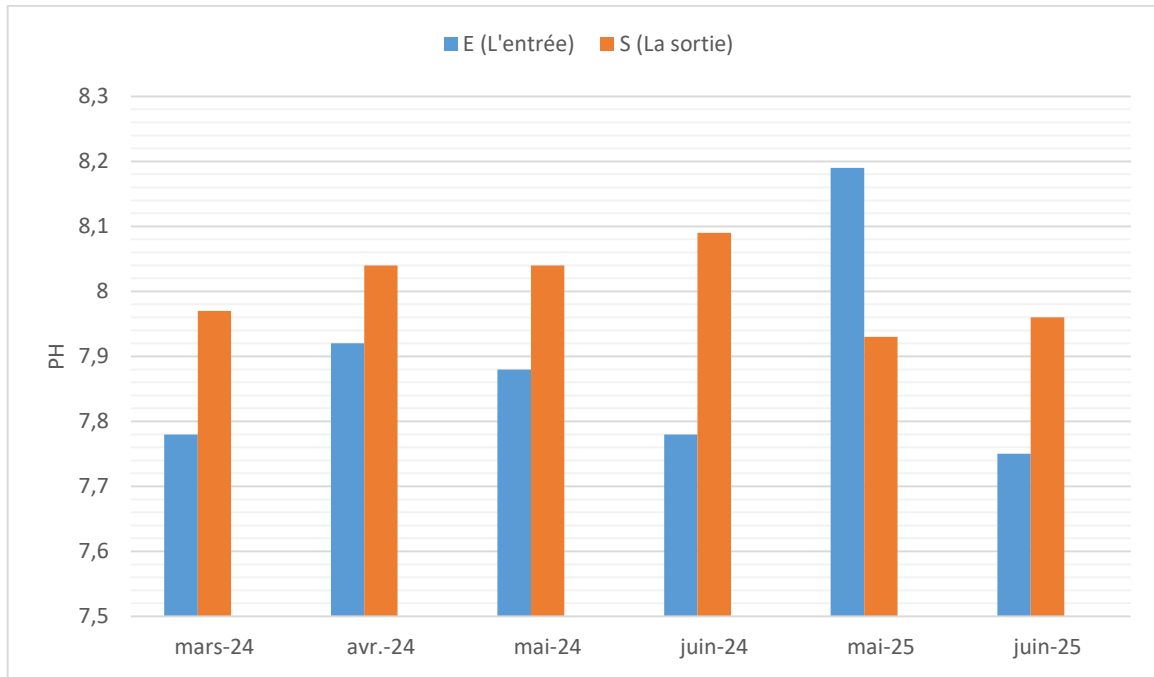


Figure IV.2 : Variation du pH durant les années (2024 et 2025)

La figure IV.2 représente le graphique regroupant les résultats des pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de Bougie Plage. D'après ces résultats, les valeurs obtenues varient à l'entrée (Eau brute) entre 7,97 et 8,09 et à la sortie (Eau épurée) entre 7,93 et 8,09.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que l'eau rejetée à la sortie de la STEP est de qualité excellente et bien conforme aux normes Algérienne et même Internationale.

c. La conductivité électrique (CE) :

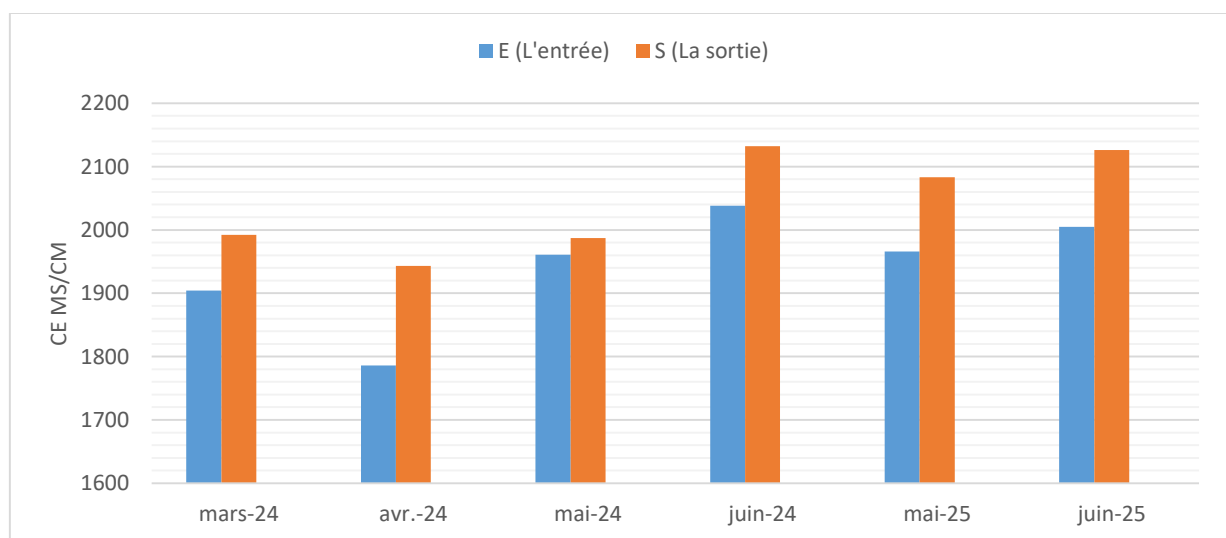


Figure IV.3 : Variation de la conductivité électrique durant les années 2024 et 2025

La figure IV.3 regroupe les résultats de la conductivité obtenus à l'entrée et la sortie de la STEP. D'après les résultats, les valeurs varient entre 1786 et 2005 à l'entrée (Eau brute) et 1943 et 2132 à la sortie (Eau épurée). On observe que les valeurs de conductivités le rejet des eaux épurées de la STEP sont conformes aux normes algériennes.

d Variation de l'Oxygène dissous (O_2 dissout) :

Il est connu et admis que la teneur de saturation en oxygène dépend fortement de la température. Lorsque la température augmente, la teneur en oxygène diminue en raison de la plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient [9].

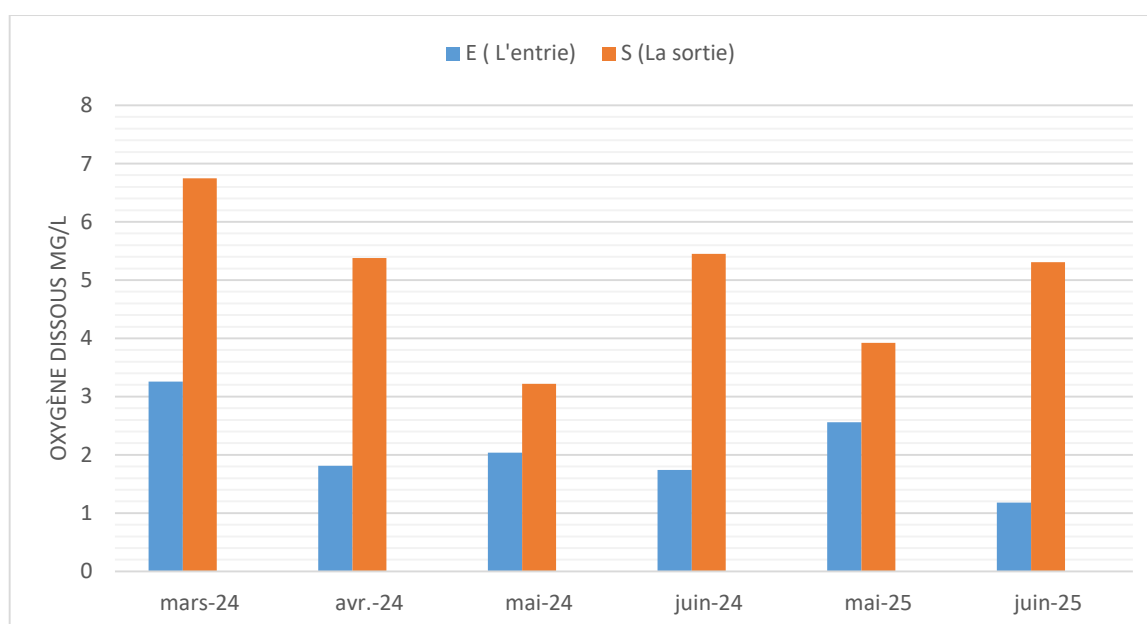


Figure IV.4 : Variation de la teneur en oxygène dissous durant les années 2024 et 2025

La figure IV.4 est un graphique qui regroupe les résultats de l'oxygène dissous obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP. On observe d'après les résultats, que les valeurs varient entre 1,18 et 3,26 mg/l à l'entrée (Eau brute), et entre 3,22 et 6,75 mg/l à la sortie de STEP (Eau épurée).

En conclusion, on peut dire que la supériorité des teneurs en oxygène à la sortie de la station comparativement à celles à l'entrée de la station pourrait être une bonne information. Cette augmentation de la valeur de l'oxygène dissout est due à une bonne aération des eaux au niveau du bassin biologique. Cette croissance est nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organique, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

D'après ces résultats obtenus sur l'oxygène dissout, on peut dire que l'eau épurée est de qualité excellente et ses valeurs sont conformes aux normes Algérienne et Internationale.

1.2 Paramètre de pollution organique

1.2.1 Variation de la Matière en suspension (MES) :

Le tableau IV.2 résume les valeurs mesurées de matière en suspension pour l'année 2024 (mars, avril, mai et juin) et l'année 2025 (mai et juin). Les analyses n'ont pas pu être effectuées de manière régulière en raison de pannes épisodiques de la station.

Tableau IV.2 : Analyses de la Matière en suspension (MES) de la STEP de Bougie Plage

Date	MES (mg/l)	
	E	S
Mars2024	149	72,38
Avril2024	159,2	42,4
Mai2024	372,8	56,8
Juin2024	371	67
Mai2025	130	32,5
Juin2025	325	32,05
Norme (OMS)	35	

E : Entrée de la STEP S : Sortie de la STEP

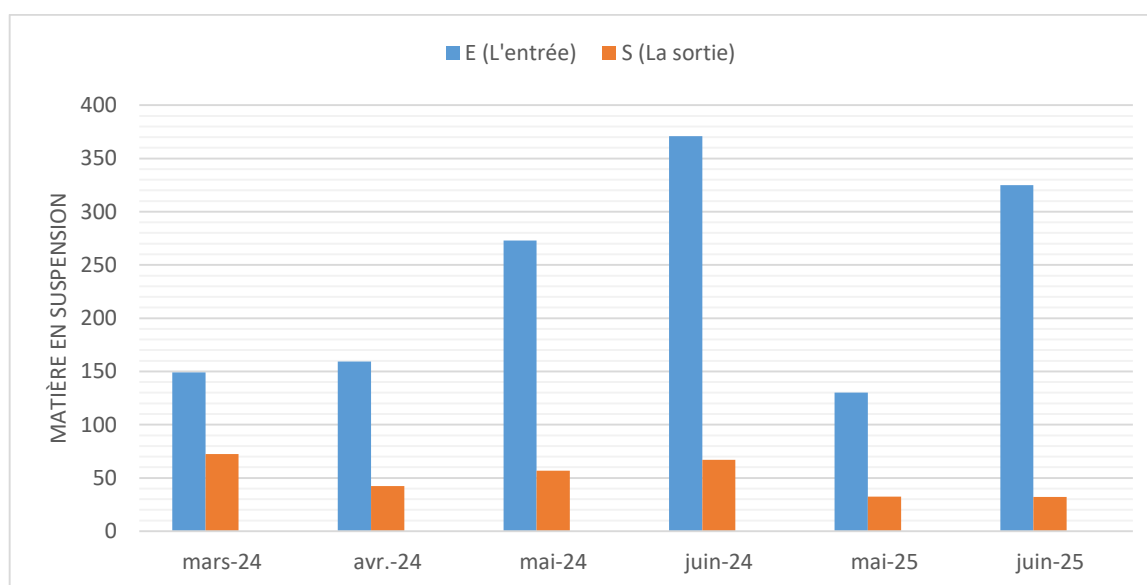


Figure IV.5: Variation des MES des eaux de la STEP durant les années 2024 et 2025

La figure IV.5 est un graphe qui regroupe les résultats de MES obtenue à l'entrée et à la sortie de la STEP.

On remarque que les valeurs varient entre 130 et 372,8 à l'entrée (Eau brute). Ces résultats montrent que ces eaux usées sont très chargées par les matières minérales et organique. Leurs valeurs varient entre 32,05 et 72,38 à la sortie de la STEP (Eau épurée). On conclue que les concentrations en sortie sont toujours inférieurs à celles de l'entrée, ce qui montre que le traitement permet une réduction partielle de la pollution. Cependant, malgré cette diminution les valeurs enregistrées à la sortie restent au-dessus des normes réglementaires généralement exigées pour le rejet des eaux usées.

La station était en panne puis en phase de redémarrage, ce qui peut expliquer les performances de traitement limitées observées.

1.2.2. Demande chimique en oxygène DBO₅ :

Le tableau 4.3 ci-dessous résume les valeurs mesurées de DBO₅ dans la station d'épuration des eaux usées Bougie Plage l'année 2025 (mai et juin).

Tableau IV.3 : Analyse de DBO₅ des eaux de la STEP de Bougie Plage

Date	DBO ₅	
	E	S
Mai2025	175	82,5
Juin2025	403,3	71,67
Norme (OMS)	35	

E : Entrée de la STEP S : Sortie de la STEP

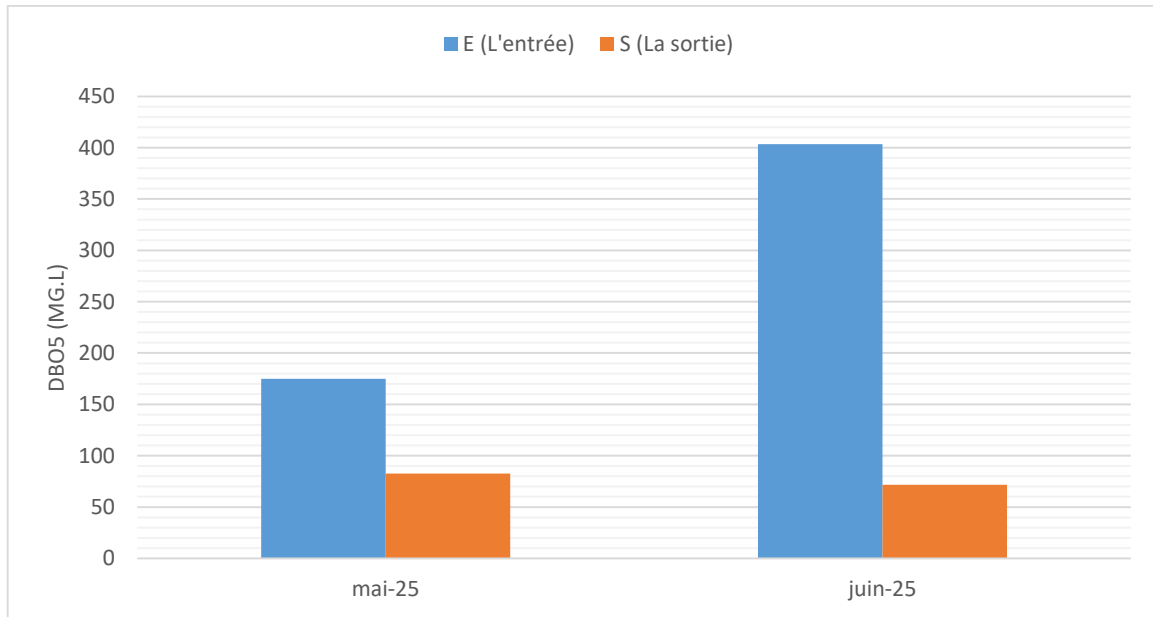


Figure IV.6 : Variation de DBO₅ durant les mois Mai et Juin 2025

La figure IV.6 est un graphique qui regroupe les résultats des DBO₅ obtenus à l'entrée et la sortie de la STEP pour les mois de mai2025 et juin2025. Les résultats de la figure montrent que les valeurs de DBO₅ obtenues à l'entrée sont particulièrement élevées et ce durant les mois de Mai et Juin qui sont respectivement de 175 403,3 mg/l. Cependant, et à la sortie, on observe un abattement de la valeur de DBO₅. Les valeurs diminuent en Mai et en Juin et sont comprise respectivement entre 71,67 et 82,5 mg/l. Bien que cette réduction démontre une certaine efficacité du système de traitement biologique, les concentrations mesurées en sortie restent nettement supérieures aux normes.

Ces résultats ont été enregistrés après une période de panne de la station et au moment de son redémarrage.

Conclusion

A travers ces mesures, il apparaît clairement que la station d'épuration de Bougie Plage est suffisamment performante pour réduire les concentrations en polluants et par conséquent, atténuer le risque sanitaire à un niveau très acceptable.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées constitue aujourd'hui un enjeu environnemental majeur, notamment dans les régions côtières. Et, les rejets non maîtrisés peuvent engendrer des conséquences graves sur les écosystèmes marins et la santé publique. Ce travail s'est focalisé sur l'évaluation des performances de la station d'épuration de Bougie Plage, à travers une analyse approfondie des paramètres physico-chimique des eaux à l'entrée et la sortie de la station.

L'étude a permis de constater que la STEP de Bougie Plage applique un procédé classique basé sur les boues activées, couplée à des traitements mécaniques et biologiques adaptés. Malgré certaines insuffisances des analyses de certains paramètres, dues à des contraintes technique et logistique, les résultats obtenus montrent une amélioration significative de la qualité des eaux après traitement, avec des niveaux de DBO₅, MES, pH et oxygène dissous globalement conformes aux normes nationales et internationales.

Cependant, certains écarts ponctuels par rapport aux normes de rejet ont été relevés, ce qui met en évidence la nécessité d'un suivi plus rigoureux d'un entretien régulier des équipements et d'une modernisation éventuelle des installations. Il serait également bénéfique d'instaurer un programme de contrôle permanent et automatisé afin de garantir un fonctionnement optimal de la station sur le long terme.

En conclusion, bien que la station de Bougie Plage joue un rôle fondamental dans la préservation de l'environnement local des efforts restent à fournir pour améliorer la qualité du traitement des eaux usées de la ville de Bejaia.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- [1] **Mehaba Manel et Smail Baya.** Evaluations des performances de la STEP Sidi Ali Lebhar (Béjaïa). Mémoire fin d'études, Master, Université A.Mira Béjaïa. 2021
- [2] **HAMMA Nasira et MOUSSOUNI Sonia.** Analyses des eaux usées épurées de la station d'épuration de Souk el Tenine en vue d'une valorisation agricole. Mémoire fin d'études, Master, Université A.Mira Béjaïa, 2019
- [3] **Kahina CHITTI.** Elaboration de cartes thématique pour la gestion des stations d'épurations en Algérie. Mémoire fin d'étude, Ecole Nationale polytechnique, Algérie 2016.
- [4] **ZiGHEM Mohamed El Amine.** Cartographie des stations d'épuration (STEP) et analyse statistique des données. Mémoire de fin d'étude, Master, Ecole Nationale Polytechnique Algérie, 2017.
- [5] **YAHIA TENE Sofiane et TAHIRIM EL Tiadj.** Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejet dans la grande Sebkha d'Oran. Projet fin d'étude, Université d'Oran1, Oran, 2010.
- [6] **BOUCHAMA Melissa.** Réhabilitation de la STEP de Sidi Ali Lebhar (W.Béjaia) et perspective de réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation du périmètre la cote de l'Aéroport de Bejaia. Mémoire fin d'étude. Ecole National Supérieure d'Hydraulique. 2023
- [7] **Jacques BONNIN.** Hydraulique urbaine appliquée aux agglomération de petite et moyenne importance Paris. 1977
- [8] **Labbaci Haytem. Boumenkar Tarek.** Analyses des anomalies et redimensionnement de la STEP de la wilaya de Skikda. Mémoire fin d'étude
- [9] **MEHAMMEDIA Ammar. TOUTI TALIBA Khalifa.** Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Guelma. Mémoire fin d'étude, Université de Guelma. 2020
- [10] **ONA** rapport interne de l'Office National d'Assainissement STEP de Bougie Plage Bejaia
- [11] **NABILA GHERARA.** Etude des performances de la station d'épuration des eaux usées de la région HAOUD BERKAOUI. Mémoire fin d'étude. Master, Université Kasdi Merbah, ouargla. 2019

- [12] Marcel Doré. Paris. 1989.** Chimie des oxydants et traitement des eaux
- [13] Frank Rejsek. 2002.** Analyses des eaux usées aspects réglementaire et technique centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux. France
- [14] Pandolfi D,** Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'image, Ecole National Supérieure des industries Chimique, Thèse de doctorat, Nancy France 2006.
- [15] Bassompierre C,** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers de la conception d'un pilote a la validation de modèles, Institut National polytechnique de Grenoble, 2007
- [16] Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Chambon P, Champsaur H, Rodi L,** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème édition, édition Dunod, Paris, 2009
- [17] Methri MS,** élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de tizi-ouzou, département des sciences agronomiques, Thèse de doctorat université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- [18] Sevrin Reyssac J. de la noue J. Proulx D. (1995).** Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Pp 118. Edition Technique et Documentation lavoisier. Paris

Résumé

Ce mémoire a permis d'étudier la performance dans le traitement des eaux usées de la station d'épuration de Bougie Plage, dans le but de vérifier dans quelle mesure cette station parvient à répondre aux exigences réglementaires et environnementales, et d'amélioration pour une meilleure efficacité du système.

Au terme de ce travail, il ressort que les traitements actuels permettent de réduire considérablement la charge polluante mais restent insuffisantes pour atteindre les normes recommandées.

Ces résultats soulignent l'importance d'instaurer un programme de contrôle permanent et automatisé afin de garantir un fonctionnement optimal de la station sur le long terme.

Enfin, ce mémoire ouvre des perspectives intéressantes pour approfondir la recherche sur des techniques innovantes pour améliorer l'efficacité globale des stations d'épuration.

Mots clés : Eaux usées brutes, Eaux épurée, Boues activée, paramètres physico-chimique

Abstract

This thesis made it possible to study the performance of wastewater treatment at the Bougie Plage treatment plant, with the aim of verifying to what extent this plant manages to meet regulatory and environmental requirements, and to identify improvements for better system efficiency.

At the end of this work, it appears that the current treatments significantly reduce the pollutant load but remain insufficient to meet the recommended standards.

These results highlight the importance of establishing a permanent and automated monitoring program to ensure the optimal long-term operation of the plant.

Finally, this thesis opens up interesting prospects for further research on innovative techniques to improve the overall efficiency of wastewater treatment plants.

Keywords : Wastewater, treated water, activated sludge, physico-chemical parameters