



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar-EL OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie

THEME

**Contribution à l'étude de qualité
physicochimique des eaux traitées dans STEP**

KOUNINE

Présenté Par:

BAOUIA Hanin

BOULIF Fahima

BENNOUH Zahia

BOUCHEMAL Lamia

Devant le jury composé de :

Président: GUEMOUDA Messaouda

Examineur: LANEZ Elhafnaoui

Promoteur: KIRAM Abderazak

MCA, Université d'El-Oued

MCB, Université d'El-Oued

M.A.A, Université d'El-Oued.

Année universitaire :2021/2022



Remerciements

Tout d'abord, louange à « Allah » le tout puissant qui nous a guidés sur le droit chemin tout au long du travail, et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

Nous tenons à remercier particulièrement mon directeur de mémoire Dr. KiramAbderazak , sa haute compétence, son soutien et ses conseils ont été pour nous une source inestimable de réconfort et d'encouragement pour l'accomplissement de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous lrs professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce travail.



Je dédie ce mémoire à

Mes chers parents,

Ma mère tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Mon père, ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Puisse dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur

Mes frères et mes sœurs et toute ma famille toute ma gratitude pour leur support qu'ils m'ont accordé durant toute la durée de mon parcours académique.

Je t'aime et merci....

Hanin Baouia

Dédicaces

A tous ceux qui veulent atteindre.....

FahimaBoulif

Dédicace

*Au cher, que dieu ait pitié de lui, mon père, à ma vie, et la lumière de mon cœur,
ma mère que dieu prolonge sa vie, à mon cher, le compagnon du chemin, à mes
chers frères et sœurs, aux poussins de la maison et à toute la famille, à ma
deuxième famille, BENISSA à mes amis.
A tous ceux qui veulent faire avancer la nation.*

ZahiaBennouh

Dédicace

*Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces,
la volonté et le courage afin d'accomplir ce Modest travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, Mr
KIRAM.A. je le remercie de m avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

*J adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs et tous les personnes
qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes
réflexions.*

*Je remercie mes très chers parents et ma famille et tous mes amis qui m ont
encouragé et beaucoup aide pendant ces années.*

Lamia bouchemal

Résumé

Le but de notre travail est d'évaluer l'efficacité de la bioremédiation des eaux usées dans le STEP N°1 KOUININE (El-Oued). Pendant un mois de traitement de l'eau usée dans la station, nous avons analysé les paramètres physicochimiques et organiques.

Les résultats ont montré que les caractéristiques de l'eau entrant dans la station étaient caractérisées par les taux de température T ° (35 ° C), pH (8,07), Demande biochimique en oxygène DBO5 (440 mg/l), l'oxygène (0.34 mg/l), Matières en suspension MES (914.3 mg /l) et la turbidité (260 NTU).

Alors que les résultats pour l'eau sortant de la station étaient les suivants: augmentation de l'oxygène (5.82 mg / l), diminution de turbidité à 40.1 NTU, DBO5 diminué à (32 mg/l) et MES également diminué à (16.66 mg /l), quant à la température, l'acidité et la salinité elles sont restées relativement constantes.

Ces résultats sont conformes aux spécifications de l'état algérien et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'année 1971.

Mots clés : Bioremédiation, Eaux usées, traitement de l'eau usée, STEP KOUININE.

Abstract

The purpose of our work is to evaluate the effectiveness of wastewater bioremediation in STEP N°1 KOUININE (El-Oued). During a month of wastewater treatment in the station, we analyzed the physicochemical and organic parameters.

The results showed that the characteristics of the water entering the station were characterized by the rates of temperature T ° (35 ° C), pH (8.07), Biochemical oxygen demand BOD5 (440 mg / l), l oxygen (0.34 mg/l), suspended solids (914.3 mg/l) and turbidity (260 NTU).

While the results for the water leaving the station were as follows: increase in oxygen (5.82 mg / l), decrease in turbidity to 40.1 NTU, BOD5 decreased to (32 mg / l) and TSS also decreased to (16.66 mg / l), as for the temperature, the acidity and the salinity they remained relatively constant.

These results conform to the specifications of the Algerian state and the World Health Organization (WHO) for the year 1971.

Keywords: Bioremediation, Wastewater, wastewatertreatment, STEP KOUININE

ملخص

الهدف من عملنا هو تقييم فعالية المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي في المحطة رقم 1 كوينين (الوادي). خلال شهر من معالجة مياه الصرف الصحي في المحطة ، قمنا بتحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية والعضوية.

أظهرت النتائج أن خصائص المياه الداخلة للمحطة تميزت بمعدلات درجة الحرارة T° (35 $^{\circ}$) ، pH (8.07) ، C ، الطلب البيوكيميائي للأكسجين (440 mg/l) DBO5 ، أكسجين (0.34 mg/l) والمواد الصلبة العالقة MES (914.3 mg /l) والعكارة (260 NTU).

بينما كانت النتائج الخاصة بالمياه الخارجة من المحطة كالتالي: زيادة الأكسجين (5.82 mg /l) ، وانخفاض التعكارة إلى (40.1 NTU) ، وانخفاض BOD5 إلى (32 mg /l) ، وانخفاض إجمالي المواد الصلبة العالقة أيضاً إلى (16.66 mg /l). أما بالنسبة لدرجة الحرارة والحموضة والملوحة فقد بقيت ثابتة نسبياً.

تتوافق هذه النتائج مع مواصفات الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية لسنة 1971.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الحيوية ، مياه الصرف الصحي ، معالجة مياه الصرف الصحي ،

محطة كوينين.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	2

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I:Généralités sur les eaux usées

I.1. Définition des eaux usées	05
I.2. Composants de l'eau usée	05
I.2.1. Eléments organiques.....	05
I.2.2. Eléments inorganiques.....	05
I.2.3. Microorganismes	05
I.3. Classification des eaux usées	06
I.3.1. Les eaux usées domestiques	06
I.3.2. Les eaux usées industriels	06
I.3.3. Les eaux usées agricoles.....	06
I.4. Caractéristiques des eaux usées	07
I.4.1. Caractéristiques physiques.....	07
I.4.2. Caractéristiques chimiques.....	07
I.4.3. Caractéristiques biologiques.....	08
I.5. Impact les eaux usées sur la santé et l'environnement	09
I.5.1. Impact les eaux usées Sur la santé.....	09
I.5.2. Impact Sur les eaux usées l'environnement.....	09

Chapitre II: Traitement des eaux usées

II.1. Définition du traitement des eaux usées	11
II.2. Etapes du traitement des eaux usées	11
II.2.1. Traitement primaire.....	11
II.2.2. Traitement secondaire.....	12
II.2.2.1. Traitement secondaire aérobie.....	12
II.2.2.2. Traitement secondaire anaérobie.....	13
II.2.3. Traitement tertiaire.....	15
II.3. Objectifs du traitement des eaux usées	16
II.4. Exploitation et réutilisation des eaux traitées	16
II.4.1. Irrigation agricole.....	16
II.4.2. Utilisation industrielle.....	16

II.4.3. Recharge des aquifères.....	17
Chapitre III: Bioremédiation	
III.1. Définition La biorémediation.....	19
III.2. Bioremédiation par les micro-organismes.....	19
III.3. Phytoremédiation.....	20
III.4. Principe de la bioremédiation.....	20
III.4.1. Bioaugmentation.....	20
III.4.2. Biofiltration.....	20
III.4.3. Biostimulation.....	21
III.4.4. Compostage.....	21
III.5. Bioremédiation par microalgue.....	21
III.5.1. Stratégies de bioremédiation par microalgue.....	22
III.5.1.1. Biosorption.....	22
III.5.1.2. Bioaccumulation.....	22
III.5.1.3. Biodégradation.....	22
III.6. Avantages et inconvénients de la bioremédiation.....	23
III.6.1. Avantages.....	23
III.6.2. Inconvénients.....	23
PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE	
Chapitre I : Présentation de la station STEP 1	
I.1. Présentation de la station d'épuration STEP1.....	26
I.2. Situation géographique de la station d'épuration.....	26
I.3. Objectif de traitement de la station.....	27
I.4. Description de STEP1.....	27
I.5. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station.....	28
I.5.1. Prétraitement.....	28
I.5.2. Traitement secondaire des eaux usées.....	29
Chapitre II : Matériels et Méthodes	
II.1. Matériel d'étude.....	33
II.2. Méthodes d'étude.....	34
II.2.1. Méthodes d'analyses.....	34
II.2.1.1. Analyses physico-chimique des eaux usées.....	34
II.2.1.2. Analyses organique des eaux usées.....	36
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées.....	40
III.2. Résultat des analyses organique des eaux usées.....	44
Conclusion.....	47
Références bibliographiques.....	49
Annexes.....	53

Liste des abréviations

ONA	Office national de l'assainissement
STEP	Station d'épuration
OMS	Organisation mondiale de la santé
CE	Conductivité électrique
MES	Matières en suspension
pH	Potentiel hydrogène
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
CO	Dioxyde de carbone

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure1	traitement primaire des eaux usées.	12
Figure2	traitement secondaire aérobie des eaux usées (flux d'eaux usées dans une installation à bouse activées.	13
Figure3	les principaux produits sont le méthane anaérobie	14
Figure4	processus de traitement des eaux usées.	15
Figure 5	effets des rejets d'eaux usées sur les masses d'eau, mécanismes de phycorémédiation.	23
Figure 6	Carte de situation de STEP 01 Kouinine.	27
Figure 7	Schéma présenté station de lagunage aéré de STEP de kouinine.	28
Figure 8	Dégrillage.	28
Figure 9	Dessablage.	29
Figure 10	Répartiteur vers les bassins d'aération.	29
Figure 11	Lagune aéré	30
Figure 12	Aérateur.	30
Figure 13	Lagune de finition.	31
Figure 14	Lit de séchage des boues	31
Figure 15	Conductimètre.	34
Figure16	pH mètre.	35
Figure 17	Oxymètre.	35
Figure 18	Turbidimètre.	36
Figure 19	Tube pour turbidimètre.	36
Figure 20	Appareil de mesure DBO5.	37
Figure 21	spectrophotomètre.	37
Figure 22	Étuve.	38
Figure 23	Filtration sous vide	38
Figure 24	Dessicateur.	38
Figure 25	Balance.	38
Figure 26	Histogramme de variation de température T°C l'eau entrant et sortant de la station	40
Figure 27	Histogramme de variation de conductivité l'eau entrant et sortant de la station	41
Figure 28	Histogramme de variation de salinité l'eau entrant et sortant de la station.	41

Figure 29	Histogramme de variation de pH l'eau entrant et sortant de la station.	42
Figure 30	Histogramme de variation d'oxygène l'eau entrant et sortant de la station.	43
Figure 31	Histogramme de variation Turbidité l'eau entrant et sortant de la station.	43
Figure 32	Histogramme de variation DBO5.	44
Figure 33	Histogramme de variation MES	45

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	classification des polluants de l'eau	06
Tableau 02	Caractéristiques des eaux usées	08

Introduction

Introduction

Les eaux usées sont rejetées par les maisons, les entreprises, l'industrie, les villes et l'aquaculture (**Drechsel et al. 2015**). Les eaux usées peuvent affecter l'environnement en abaissant les niveaux d'oxygène dissous, des changements physiques dans les eaux réceptrices, le rejet de substances toxiques, une bioaccumulation ou une bioamplification dans la vie aquatique et une augmentation des charges de nutriments. Il peuvent provoquer des maladies microbiennes chroniques telles que des ulcères de l'estomac et les maladies cardiaques dégénératives (**Akpor, Muchie. 2011**). Pour éviter ces effets, a été utilisée une technologie de traitement des eaux usées.

Le traitement des eaux usées est le processus et la technologie utilisée pour éliminer la plupart des contaminants que l'on trouve dans les eaux usées (**Peace, Richard. 2016**). Au cours des années récentes, ont été développées nouvelle technologie efficace pour le nettoyage des polluants se terme la bioremédiation.

Bioremédiation est un processus uses micro-organismes (bactéries, champignons, plantes, microalgues) pour dégrader ou transformer les contaminants à une forme moins contaminée (**Nouri, Haddioui. 2016**). Selon le type d'organisme, certains termes sont utilisés pour spécifier la bioremédiation, la phytoremédiation, La mycoremediation(**Sardrood et al.2013**), etLa phycoremédiation assainir l'environnement conduisant à la réduction ou à la biotransformation des composés toxiques des eaux uséesest connu comme la bioremédiation par microalgues(**Tiwari et al. 2020**).

Quelle est la qualité physico-chimique des eaux traitées?, et Quelle est la capacité de bioremédiation de polluants organiques des eaux usées dans la STEP N°1 KOUININE, ELOUED ?

Le but de cette étude valoriser la bioremédiation et sa capacité à analyser la matière organique et absorber les polluants des eaux usées, cette étude sont déroulée au niveau STEP N°1 Kouinine(ElOued) et identifier les technique de traitement d'eaux uses et apprendre les différentes analyses physico-chimiques et organique.

Ce manuscrit est divisé en deux parties : une partie bibliographique et une partie expérimentale. La première partie comprendra 3 chapitres, le premier chapitre est général sur les eaux usées, et le deuxième chapitre comprend le traitement des eaux usées. Le troisième chapitre est le traitement biologique. La deuxième partie contiendra le chapitre 03, chapitre un pour présenter STEP, chapitre deux matériel et méthode de traitement, Le troisième est le résultat et la discussion.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées résultent des usages domestiques et industriels de l'eau, et ne peuvent être rejetées sans traitements dans les lacs, les rivières ou la mer pour des raisons de santé publique, d'économie, d'environnement ainsi que pour des raisons d'esthétique (Madigan, Martinko. 2007).

Ces eaux non traitées constituent l'endommagement de l'environnement et la santé publique (Tandjir. 2012).

I.2. Composants de l'eau usée

Les eaux usées contiennent fréquemment des composés inorganiques et organiques nocifs, ainsi que des micro-organismes pathogènes (Madigan, Martinko.2007).

I.2.1. Eléments organiques

Les trois quarts de carbone organique dans les eaux usées sont des protéines, des glucides, des graisses, des acides aminés et des acides volatils (Gupta, Bux. 2019).

I.2.2. Eléments inorganiques

Les parties inorganiques comprennent une grande quantité de calcium, de potassium, de sodium, de magnésium, de chlore, de soufre, de phosphate, de bicarbonate, d'ammonium et de métaux lourds (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc) (Gupta, Bux. 2019).

I.2.3. Microorganismes

Il existe également des micro-organismes pathogènes dans les eaux usées, y compris les bactéries, les protozoaires et les virus. Ces micro-organismes sont adoptés par des personnes infectées et posent un danger direct pour la santé publique (Michael, David . 2011).

Tableau.1. classification des polluants de l'eau(Ammar, Zobeidi. 2018)

Classification	polluants
La taille	- matières amovible ou flottant - matière en suspension - matières solubles
solubilité	- matériaux biodégradables - matériaux facilement dégradables - matériaux non biodégradables - matériaux lentement dégradables
Composition chimique	- matière organique - matière non organique

I.3. Classification des eaux usées

Selon la définition de l'eau usée, peut être divisé en plusieurs types. Lorsque les eaux usées sont collectées dans un système de canalisations municipales, ils'appelle également des eaux usées (Pay et al. 2015).

I.3.1. Les eaux usées domestiques

Les rejets domestiques comprennent les eaux d'égouts et les «eaux grises» (lessive, toilette, cuisine) (Madigan, Martinko.2007).

I.3.2. Les eaux usées industriels

Les eaux usées industrielles sont principalement constituées d'eau (99,9%) et généralement petites concentrations de matières organiques et inorganiques (Kumar, Saravanan, 2018).

Les rejets industriels comprennent les rejets des usines pétrochimiques, chimiques, agroalimentaires, pharmaceutiques ou métallurgiques. Les rejets industriels contiennent des substances toxiques, et des installations de prétraitement sont exigées par l'agence de protection de l'environnement avant le traitement dans les stations d'épuration (Madigan, Martinko.2007).

I.3.3. Les eaux usées agricoles

Lorsque les taux d'épandage de fumier dépassent la capacité de la terre à assimiler les éléments nutritifs, des applications répétées peuvent entraîner une accumulation d'éléments nutritifs dans le sol. Cela augmente la possibilité que les éléments nutritifs quittent le champ par lessivage et ruissellement et polluent les eaux souterraines et de surface (Kellogg et al. 2000).

I.4. Caractéristiques des eaux usées

Selon leur source, les eaux usées ont des caractéristiques particulières. Les eaux usées industrielles présentant les caractéristiques des eaux usées municipales ou domestiques peuvent être rejetées ensemble. Les eaux usées industrielles peuvent nécessiter un prétraitement si elles doivent être rejetées avec eaux usées domestiques. Les caractéristiques des eaux usées varient d'une industrie à l'autre et auraient donc des procédés de traitement différents. En général, les contaminants dans les eaux usées sont classés en catégories physiques, chimiques et biologiques. Quelque l'indicateur mesuré pour déterminer ces contaminants comprend(Amoatey,Bani. 2016).

I.4.1. Caractéristiques physiques

La température des eaux usées est un paramètre clé car elle affecte la composition chimique et réactions biologiques du micro-organisme. Une température élevée peut augmenter indésirable planches toniques et champignons. Divers autres paramètres tels que le pH, la conductivité, le niveau de saturation des gaz et diverses formes d'alcalinité, etc., dépendent de la température.

L'apparence dépend principalement de la nature du produit fabriqué. Odeurs sont rejetés par les eaux usées en raison des impuretés dissoutes, de la nature organique causée par organismes aquatiques vivants et en décomposition et accumulation de gaz. Les teneurs totales en solides sont indiquées par différents types de matières dissoutes et en suspension sont restés sous forme de résidus dans les eaux usées(Kumar, Saravanan. 2018).

_ La conductivité électrique (CE) indique la teneur en sel.

_ Les solides dissous totaux (TDS) comprennent des sels inorganiques et de petites quantités de matières organiques dissoutes dans l'eau.

_ Les solides en suspension (MES) comprennent les particules solides en suspension (mais non dissoutes) dans l'eau (Amoatey,Bani. 2016).

I.4.2. Caractéristiques chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées particulièrement préoccupantes sont le pH, l'oxygène dissous (OD), l'oxygène demande (chimique et biologique), solides (en suspension et dissous), azote (nitrite, nitrate et ammoniac), phosphate et métaux (Akpor.2011).

La demande biochimique en oxygène (DBO) indique la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies pour décomposer la matière organique d'un échantillon d'eau dans un laps de temps défini. La demande chimique en oxygène (DCO) indique l'équivalent en oxygène de la matière organique contenu d'un échantillon susceptible

d'être oxydé par un oxydant chimique fort. Composé organique total (COT), NH₄-N et NO₃-N montrent de l'azote dissous (Ammonium et Nitrate, respectivement), Total-P reflète la quantité de toutes les formes de phosphore dans un échantillon (Amoatey,Bani , 2016).

I.4.3. Caractéristiques biologiques

Les principaux micro-organismes présents dans les affluents des eaux usées sont des virus, des bactéries, des champignons, des protozoaires et des helminthes. Bien que divers micro-organismes présents dans l'eau soient considérés être des facteurs critiques contribuant à de nombreuses épidémies, ils jouent de nombreux rôles bénéfiques dans affluents d'eaux usées(Akpor.2011).

Les coliformes totaux englobent les coliformes fécaux ainsi que les sols communs micro-organismes et est un indicateur général d'une éventuelle contamination de l'eau.Les coliformes fécaux sont un indicateur de contamination de l'eau par des matières fécales. Le l'indicateur principal courant est la bactérie Escherichia coli ou E. coli.L'analyse des helminthes recherche les œufs de vers dans l'eau(Amoatey,Bani. 2016).

Tableau.2.Caractéristiques des eaux usées.

Caractéristiques	Valeurs
pH	8.5_6.5
DBO5	<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
T°	<30°C
Couleur	incolore
Odeur	inodore

I.5. Impact les eaux usées sur la santé et l'environnement

I.5.1. Impact les eaux usées Sur la santé

De nombreux agents pathogènes microbiens dans les eaux usées peuvent causer des maladies chroniques avec des effets coûteux à long terme, tel que des maladies cardiaques dégénératives et de l'ulcère d'estomac. Les bactéries sont les polluants microbiens les plus courants des eaux usées. La cause d'une large gamme d'infections, telles que la diarrhée, la dysenterie, la peau et les infections(Akpor.2011).Maladies infectieuses aux conséquencesdramatiques et par fois même mortelles(Madigan, Martinko. 2007).

I.5.2. Impact Sur les eaux usées l'environnement

Notre environnement est confronté à de nombreux défis à la suite de la décharge des eaux usées de nos industries quotidiennes, elles sont associées à une urbanisation rapide, une augmentation de la croissance démographique, de l'industrialisation et de nombreux autre facteurs (Yahya et al.2020).

Les impacts d'une telle dégradation peuvent entraîner des niveaux décédés d'oxygène dissous, des modifications physiques des eaux de réception, de la libération de substances toxiques, de bioaccumulation ou de biomagnifications dans la vie aquatique et d'une charge d'éléments nutritifs accrue . l'utilisation généralisée des eaux usées contenant des déchets toxiques et l'absence de finances adéquates pour le traitement entraînent une augmentation de l'incidence des maladies d'origine des eaux usées ainsi que de la dégradation plus rapide de l'environnement(Akpor.2011).

Les impacts de faible taux d'oxygène dissous comprennent un effet sur la survie des poissons en augmentant leur susceptibilité aux maladies, au retard dans la croissance, à la capacité de nage entre la croissance, la modification de l'alimentation et de la migration, et une mort rapide(Akpor. 2011).

Chapitre II

Traitement des eaux usées

II.1. Définition du traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées est le processus et la technologie utilisées pour éliminer la plupart des contaminants que l'on trouve dans les eaux usées pour assurer un environnement sonore et une bonne santé publique. La gestion des eaux usées signifie donc traiter les eaux usées pour protéger l'environnement pour assurer la santé publique, économique et la solidité politique. Il y a trois niveaux de traitements primaire, secondaire et tertiaire (Amoatey, Bani. 2016).

II.2. Etapes du traitement des eaux usées

II.2.1. Traitement primaire

L'objectif du traitement préliminaire est la élimination des solides grossiers et d'autres gros matériaux souvent présents dans les eaux usées brutes. Préliminaire le traitement aide à supprimer ou à réduire la taille de la gros solides entraînés, en suspension ou flottants (Sonune, Ghate. 2004).

Ces solides sont constitués de morceaux de bois, de tissu, papier, plastique, déchets, etc., ainsi que des matières fécales. Sont retirés les solides inorganiques lourds comme le sable et le gravier ainsi que le métal ou le verre. Ces objets sont appelés sable et quantités excessives d'huiles ou de graisses (Sonune, Ghate. 2004).

Les eaux usées peuvent contenir de 200 unités de DBO pour les égouts et eaux usées domestiques à 1500 unités de DBO ou plus dans le cas d'effluents industriels. A la sortie, les effluents contiennent en général 5 unités de BDO, et parfois moins. Les eaux usées, désormais dépourvues de solides, pénètrent dans les déversoirs (flèche) et sont alors pompées vers les installations de traitement secondaire (Madigan, Martinko. 2007).



Figure.01.traitement primaire des eaux usées (Madigan, Martinko, 2007).

II.2.2. Traitement secondaire

La matière organique est une source de vitalité et des suppléments pour la consommation d'oxygène organismes microscopiques. Ils oxydent la matière naturelle en CO₂ et corrompent l'eau matière naturelle azotée en ammoniac. Air circulé à travers des lagunes aérées, Les charpentes à lit bactérien et à boues activées font partie des structures consommatrices d'oxygène. cadre utilisé dans le cadre du traitement secondaire. Le traitement anaérobie est principalement utilisé pour équilibrer les boues ainsi créées (Kumar, Saravanan. 2018).

II.2.2.1. Traitement secondaire aérobie

Le traitement secondaire aérobie utilisé des réactions réalisées par des micro-organismes, en conditions aérobies, pour traiter les eaux usées contenant de faibles concentrations de matière organique. en général, les eaux usées non industrielles peuvent être traitées par ces procédés. Plusieurs procédés de digestion aérobies sont utilisés, mais les principales méthodes sont la filtration goutte-à-goutte et l'activation des boues. le système defiltration est formé d'un lit de roches concassées, de deux mètres d'épaisseur, sur le dessus duquel les eaux usées sont pulvérisées. le liquide passe lentement au travers du lit de roches. la matière organique s'adsorbe sur les roches et la croissance microbienne se met en place sur les surfaces des fragments rocheux exposées. la minéralisation complète de la matière organique en dioxyde de carbone, ammoniac, nitrate, sulfate et phosphate s'effectue dans le biofilm microbien fixé sur les roches (Madigan, Martinko.2007).

Le traitement aérobie le plus courant est le procédé dit des boues activées. les eaux

usées sont mélangées et aérées dans de grands réservoirs. Des bactéries produisant des substances muqueuses, comme *zoogloearamigera*, se développent et forment des *floculats*. Ces *floculats* forment un substrat sur lequel des protozoaires, de petits animaux et parfois des bactéries filamenteuses et des champignons se fixent. Le principe de base de l'oxydation est identique à celui des filtrations sur roches. L'effluent aéré contenant les floculats est pompé dans un réservoir où ces floculats sédimentent. Une partie de ce matériau (nommé boues activées) est alors renvoyée vers le réservoir d'aération pour servir, ou bien éliminé, séché, brûlé, ou encore utilisé comme engrais (Madigan, Martinko.2007).

Les eaux usées restent normalement de cinq à dix heures dans un réservoir de boues activées, un temps trop court pour une oxydation complète de toute la matière organique. Cependant, durant cette période, la plupart de la matière organique dissoute est adsorbée sur les floculats et incorporée dans les cellules microbiennes. La DBO de l'effluent liquide est considérablement réduite (jusqu'à 95%) par ce procédé, avec la plupart de la DBO désormais concentrée dans les floculats sédimentés. une réduction presque totale de la DBO peut être obtenue si les floculats sont transférés dans un digesteur anaérobie pour être convertis en CO₂ et CH₄- (Madigan, Martinko.2007).

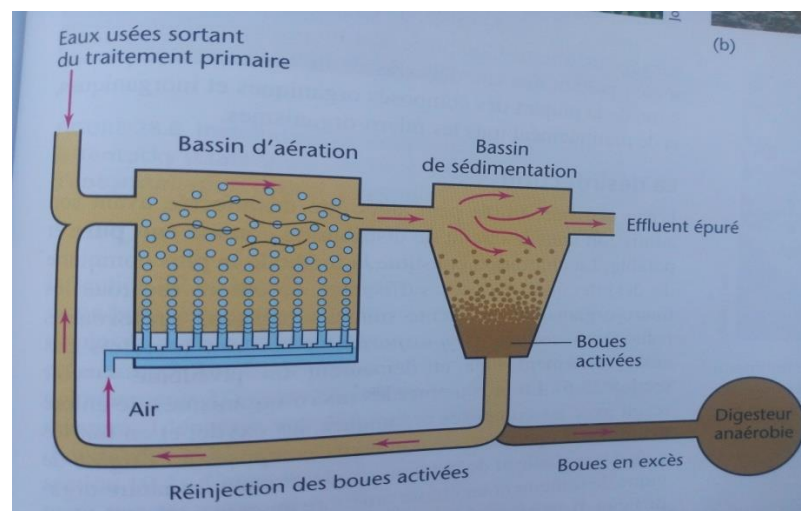


Figure.02.traitement secondaire aérobie des eaux usées (flux d'eaux usées dans une installation à bouse activées (Madigan, Martinko. 2007).

II.2.2.2. Traitement secondaire anaérobie

Les lagunes anaérobies sont l'un des deux types remarquables de conditions anaérobies. Une le lagon anaérobie est une misère qui comprend une profondeur de 10 à 17 pieds, une DBO taux d'empilement aux alentours de 15 et 20 lb DBO/1000 pi³, et une longue boue temps de rétention. Les eaux usées se déversent normalement de la base du bassin de marée vers garantir le passage correct et la maintenabilité de la nourriture pour les anaérobies. Une cadre d'option connu sous le nom de cadre de contact anaérobie comprend un réservoir

d'égalisation, digesteur avec engrenage pour le mélange, épuration des gaz utilisant de l'air ou du vide, et clarificateurs. Les conditions anaérobies perdurent. Dans cette condition de traitement spécifique, la présence de micro-organismes utilisera des sources d'oxygène électives (par exemple, des sulfates, des nitrates, par exemple) et transformera les matières organiques en acides naturels et les alcools. Promouvoir le changement de ces constituants se produirait en méthane et gaz carbonique. Le traitement anaérobie peut être considéré dans de nombreux cas comme idéal des conditions de consommation excessive d'oxygène en raison de sa capacité à réduire les déchets et à fournir un élément qui peut être utilisé comme un atout important (Kumar, Saravanan. 2018).

L'absorption anaérobie commence à l'intérieur du digesteur à une température relativement élevée (95 à 100 °F) avec des charges de DBO allant de 0,15 à 0,2 lb/pi³ pendant une durée de 3 à 12 h. Cette procédure prend après passage dans un stripeur de gaz, décantation à l'intérieur du décanteur, et après cela réutilisé à l'intérieur du cadre. Le cadre de contact anaérobie est équipé pour atteindre un taux d'expulsion de 90 à 97 % de la DBO et suspendu solides. Les procédés de traitement anaérobie sont aptes à fournir un traitement plus élevé que aérobie. Les évacuations d'ombrage ont été signalées comme étant de 65 % à l'extrême dans aux environs de 80 et 90% (Kumar, Saravanan. 2018).

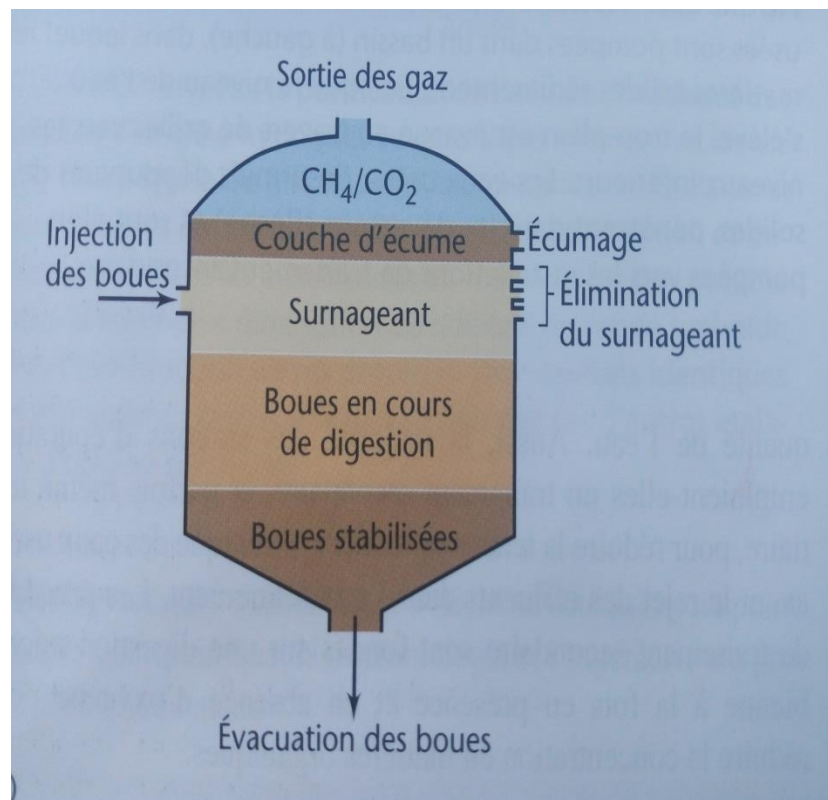


Figure.03. les principaux produits sont le méthane anaérobie (Madigan, Martinko. 2007).

II.2.3. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire est en fait identique aux procédés physico-chimique ou biologiques mis en œuvre dans des bioréacteurs et/ou utilisant la précipitation, la filtration ou la chloration, employés pour la purification de l'eau destinée à la consommation. L'objectif est simplement de réduire les niveaux de nutriments inorganique, et particulièrement de phosphate, nitrite et nitrate dans l'effluent terminal (Madigan, Martinko.2007).

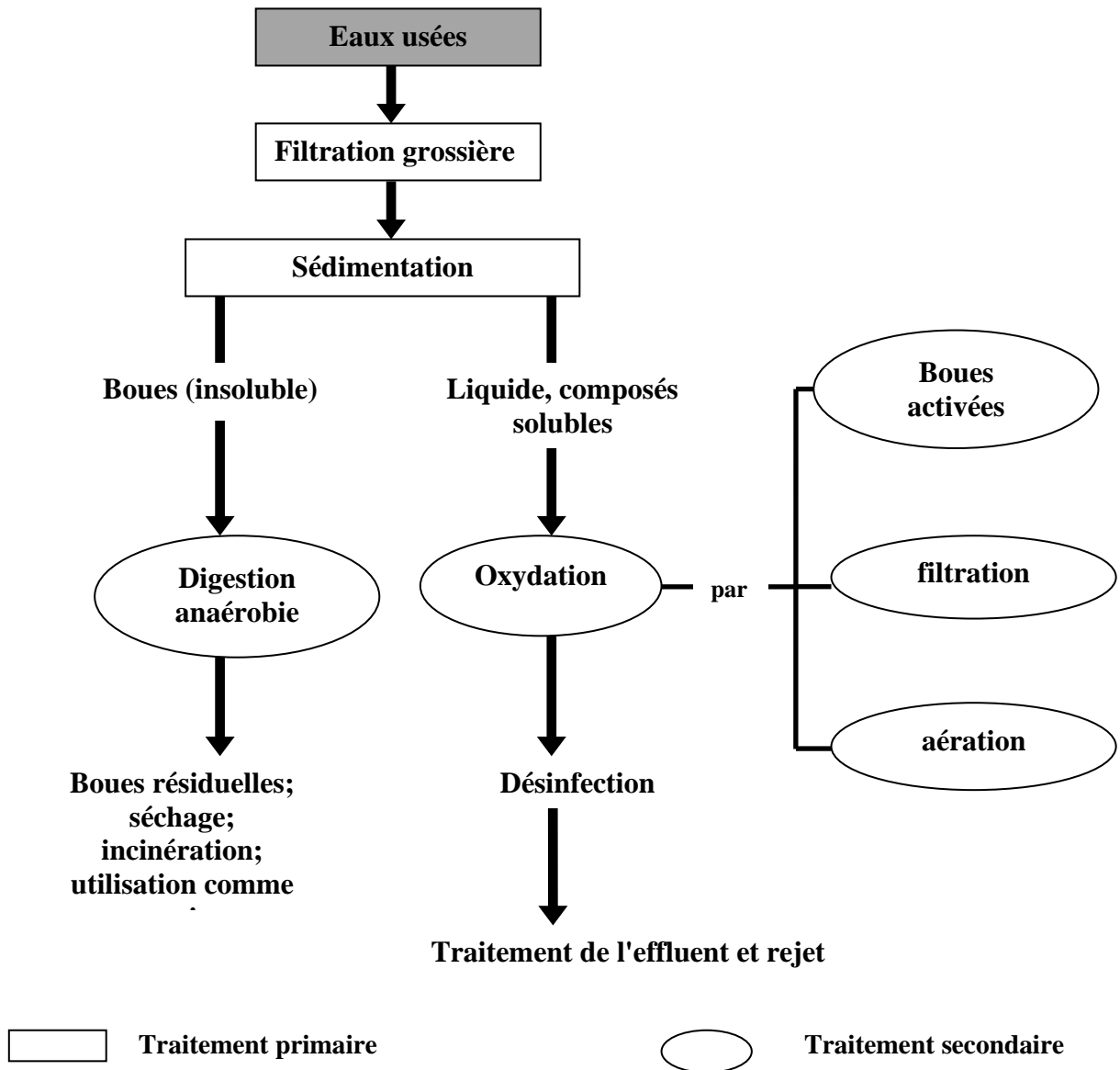


Figure.04. processus de traitement des eaux usées (Madigan, Martinko.2007).

II.3. Objectifs du traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées est très nécessaire pour les raisons mentionnées ci-dessus. Il est plus vital pour :

Réduction des substances organiques biodégradables dans l'environnement : substances organiques tels que le carbone, l'azote, le phosphore, le soufre dans la matière organique doit être décomposé par oxydation en gaz qui est soit libéré soit reste en solution.

Réduction de la concentration de nutriments dans l'environnement : nutriments tels que l'azote et le phosphore des eaux usées dans l'environnement enrichit les masses d'eau ou les rend eutrophe entraînant la croissance d'algues et d'autres plantes aquatiques. Ces plantes épuisent l'oxygène dans les masses d'eau, ce qui nuit à la vie aquatique (**Goyal, Ahluwalia. 2005**).

Élimination des agents pathogènes : les organismes qui causent des maladies chez les plantes, les animaux et les humains sont appelés agents pathogènes. Ils sont également connus sous le nom de micro-organismes car ils sont très petits pour être vu à l'œil nu. Des exemples de micro-organismes comprennent des bactéries (par exemple vibrocholerae), virus (p. ex. entérovirus, virus des hépatites A et E), champignons (p. ex. candida albicans), protozoaires (p. ex. entamoebahystolitica, giardia lamblia) et les helminthes (par exemple schistosomamansoni, asarislumbricoides). Ces micro-organismes sont excrétés en grande quantité dans les fèces des personnes infectées les animaux et les humains (**Amoatey, Bani . 2016**).

II.4. Exploitation et réutilisation des eaux traitées

Face à la demande croissante en eau et à la consommation non durable des ressources naturelles en eau, il est devenu nécessaire de s'orienter vers une utilisation plus organisée des eaux usées, et de la reconsidérer comme un problème doit être éliminé pour devenir une ressource à évaluer et à exploiter. (**Selmi, Satin.1999**)

II.4.1. Irrigation agricole

L'eau traitée est une ressource riche en éléments nutritifs tels que le phosphore, l'azote et le potassium, ce qui ouvre des perspectives d'avenir pour l'abandon de la fertilisation. Le plus grand pourcentage est dirigé vers l'arrosage des arbres d'ornement et des routes, suivi de l'irrigation des champs fourragers, les arbres et les cultures pérennes, qui sont généralement peu nombreux, car l'eau contient des métaux lourds sols contaminés et agents pathogènes. (**Conference, Anon.2011**)

II.4.2. Utilisation industrielle

Contaminée récupérées est une ressource idéale pour les utilisations industrielles, car les processus industriels, y compris le refroidissement par évaporation et l'alimentation des chaudières, ne nécessitent pas d'eau de haute qualité. (**Conference, Anon.2011**)

II.4.3. Recharge des aquifères

La recharge des aquifères permet de maintenir leur niveau et de les protéger de l'intrusion d'eau salée et constitue un moyen de conserver l'eau récupérée pour une utilisation future. Les eaux souterraines sont rechargées par diffusion ou par injection directe dans les cours d'eau souterrains.(**Conference, Anon.2011**)

Chapitre III
Bioremédiation

III.1. Définition La bioremédiation

Le terme de bioremédiation a été composé de deux parties "bio" signifie la vie et fait référence aux organismes vivants et "to remediate" qui signifie résoudre un problème. Il s'agit d'une technologie permettant d'éliminer les polluants de l'environnement, de restaurer ainsi l'environnement naturel d'origine et empêcher toute nouvelle pollution (**Sardrood. 2013**).

La bioremédiation intensifie le taux naturel de dégradations de la contamination en facilitant les microbes, champignons ou plantes indigènes avec des nutriments, des sources de carbone ou des donneurs des négatron (bio- stimulation, biorestauration) ou en complétant des cultures microbiennes améliorées qui ont des caractéristiques distinctes pour dégrader les polluants requis à un rythme plus rapide (bio- augmentation). Il aide à minéraliser les polluants organiques, à les transformer partiellement ou à altérer leur mobilité (**Ali. 2021**). Est un processus qui utilise des micro-organismes et leurs produits pour éliminer les contaminants du sol (**Adams et al. 2015**). une bioremédiation efficace peut être réalisée par un processus "ex situ" et "in situ", basé sur le type et la concentration des polluants, les caractéristiques du site (**Ray, 2021**).

III.2. Bioremédiation par les micro-organismes

Les organismes qui doivent être appliqués dans la biotransformation doivent satisfaire aux exigences suivantes, Les organismes auront les enzymes efficaces importantes dans la bioremédiation. L'organisme doit être capable de vivre et de démontrer sa bioactivité dans des conditions de pollution. L'organisme doit être capable d'accéder à la contamination qui peut ne pas être soluble dans des environnements aqueux ou gravement adsorbés à une surface solide (**Sardrood et al. 2013**).

Le site du substrat du contaminant doit être accessible pour le site actif de l'enzyme jouant un rôle dans la bioremédiation. Le contaminant et le système enzymatique doivent entrer en contact étroit quelque part à l'intérieur ou à l'extérieur de la cellule. Des conditions environnementales convenablement favorables doivent exister ou être fournies pour que la population du bioremédiant potentiel apparaisse (**Sardrood et al. 2013**).

Des espèces de plantes, de bactéries et de champignons peuvent être utilisées pour éliminer les polluants. Cependant, les micro-organismes ont les potentiels de bioremédiation les plus élevés car ils sont des décomposeurs naturels dans différents écosystèmes et peuvent facilement proliférer. Divers micro-organismes tels que diverses corynébactéries et certaines levures sont connus pour agir comme des bioémulsifiants non toxiques et pour éliminer les nappes de pétrole et les pollutions pétrolières par la biodégradation des

hydrocarbures pétroliers métabolisés comme sources d'énergie et de carbone. Certains micro-organismes ont le potentiel de dégrader et ou de métaboliser les composés synthétiques (comme des restes de pesticides dans les agroécosystèmes) collectivement appelés xénobiotiques. Selon le type d'organisme, certains termes sont utilisés pour spécifier la bioremédiation. La phytoremédiation fait référence au type de bioremédiation qui repose sur les plantes et les algues en tant que bioremédiation(**Sardrood et al. 2013**).

III.3. Phytoremédiation

La phytoremédiation est définie comme l'utilisation des plantes pour éliminer ou transformer les polluants en composés moins toxiques (**Abdelly. 2007**). Cette technique implique l'utilisation de plantes et de micro-organismes associés pour éliminer complètement les contaminants sélectionnés du sol, des sédiments, des boues, des eaux usées et des eaux souterraines. Dans la pytoremédiation, sur la base du type de polluants (organiques ou élémentaires), il existe plusieurs mécanismes disponibles, tels que la filtration, la dégradation, l'accumulation ou l'extraction, la stabilisation et la volatilisation. certains facteurs importants à prendre en compte lors du choix d'une plante comme phytoremédiateur comprennent système racinaire, qui peut être fibreuse ou robinet selon la profondeur du polluant, la biomasse aérienne, qui ne devrait pas être disponible pour la consommation des animaux, la toxicité des polluants à l'usine, la survie de la plante et sa capacité d'adaptation à des conditions environnementales en vigueur, les taux de croissance des végétaux, le site le suivi et surtout, le temps nécessaire pour atteindre le niveau de propreté (**Ray. 2021**).

III.4. Principe de la bioremédiation

Les principales technologies utilisées dans la bioremédiation sont les suivantes :

III.4.1. Bioaugmentation

Cette technologie consiste à introduire des cultures de microorganismes à la surface du milieu contaminé dans l'objectif d'augmenter la biodégradation des contaminants organiques (**Abdelly. 2007**).

La bioaugmentation implique l'introduction de micro-organismes isolés du site contaminé, d'un site historique ou soigneusement sélectionnés et génétiquement modifiés pour soutenir l'assainissement d'un site contaminé par des hydrocarbures pétroliers sur la base de l'hypothèse et/ou de la confirmation que les organismes indigènes du site impacté ne peuvent pas biodégrader les hydrocarbures pétroliers (**Adams et al. 2015**).

III.4.2. Biofiltration

Consiste à l'utilisation d'un biofiltre pour traiter les émissions gazeuses : Le principe consiste à utiliser des microorganismes pour dégrader les polluants contenus dans l'air à traiter. Dans une unité de biofiltration, l'air à épurer (à dépolluer) traverse d'abord un filtre et

un humidificateur afin de supprimer les particules (poussières, graisses) présentes dans le gaz et d'amener le niveau d'humidité à 100%. Cette technologie est par exemple utilisée pour traiter l'air pollué par le xylène ou par des composés azotés (**Abdely. 2007**).

III.4.3. Biostimulation

La stimulation des populations microbiennes indigènes dans les sols et/ ou les eaux souterraines (**Sardrood. 2013**). Biostimulation pour les métaux lourds dépend de l'apport de nutriments (carbone, azote, phosphore), de la température, de l'oxygène, du pH, du potentiel redox et de la concentration et du type de polluants organiques(**Ray. 2021**).

III.4.4. Compostage

Le composting est un processus par lequel les déchets organiques sont dégradés par des micro-organismes généralement à température élevée (**Sardrood et al. 2013**). Les paramètres critiques pour le compostage dépendent du type de déchets à utiliser pour le compostage. L'efficacité du compostage dépend essentiellement de la température et du rapport d'amendement sol/ déchets qui sont les deux paramètres de fonctionnement importants pour la bioremédiation. Dans les matrices de compostage, les micro-organismes peuvent dégrader les polluants en composés inoffensifs, transformer les polluants en substances moins toxiques et/ ou aider à emprisonner les polluants chimiques dans la matrice organique, réduisant ainsi la biodisponibilité des polluants (**Maitra. 2018**).

III.5. Bioremédiation par microalgue

Les deux dernières décennies ont vu un intérêt croissant pour les processus biologiques impliqués dans la transformation et la détoxification des métaux dans l'environnement. À ce jour, il est généralement admis que les technologies basées sur des processus biologiques naturels présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux techniques physico-chimiques actuellement disponibles pour l'assainissement des sites contaminés par des métaux lourds toxiques(**Kaplan. 2004**).

Les microalgues sont très abondantes dans le milieu naturel et sont bien adapté à un large éventail d'habitats, par ex. eau douce et eau de mer, domestique et effluents industriels. Ils ont une capacité remarquable à absorber et à accumuler les métaux lourds de leur environnement environnant (**Kaplan. 2004**).

Une algue joue un rôle important dans le retour de l'état réel de l'environnement qui est altéré par divers contaminants. Un processus impliquant l'utilisation d'algues pour éliminer les polluants des algues sont de nature hautement adaptative, les transformant en formes inoffensives est connu sous le nom de phycoremédiation.les algues sontde nature hautement adaptative(**Sankhla. 2021**).

Les microalgues sont de puissants candidats pour la bioremédiation d'un grand

nombre de polluants. Les microalgues sont connues pour avoir un excellent potentiel de bioremédiation contre divers polluants environnementaux comme les eaux usées domestiques, les métaux lourds, les pesticides, les phénols, les hydrocarbures aromatiques comme l'azote et le phosphore, principalement en raison de leur capacité à métaboliser ces composés sous forme d'azote, sources de phosphore, de carbone et de soufre (Nirbhay, Patel. 2012).

Le processus de phycorémédiation ou bioremédiation des algues est l'utilisation d'algues pour éliminer les polluants de l'environnement ou pour les convertir en une forme inoffensive. Phycorémédiation dans un sens beaucoup plus large est l'utilisation d'algues micro ou macro pour dégrader ou biotransformation de différents polluants, y compris les aliments nutritifs et xénobiotiques des eaux usées et le CO₂ de l'air (El-Sheekh, Mahmoud. 2017).

La phycorémédiation a été utilisée avec succès pour réduire les niveaux de nutriments dans le traitement des eaux usées. Cependant, les études sur l'efficacité de la phycorémédiation pour réduire les niveaux de nutriments dans les lacs eutrophes sont limitées (Tiwari et al. 2020).

III.5.1. Stratégies de bioremédiation par microalgue

Il existe trois stratégies principales utilisées par les microalgues pour l'assainissement de l'environnement:

III.5.1.1. Biosorption

Considéré comme un processus passif qui permet d'immobiliser les polluants organiques tels que les composés aromatiques et les pesticides, par liaison électromagnétique du polluant avec la paroi cellulaire et la matrice extracellulaire.

III.5.1.2. Bioaccumulation

Il est considéré comme un processus actif où la biomasse capture les polluants organiques (métaux lourds, pesticides, nitrates, sulfates et phosphorates) et les transfère à l'intérieur des cellules, les éliminant de la matrice aqueuse. Ce processus est activement utilisé pour bioconcentrer les métaux tels que Zn, Al, Fe, Cd et Cu.

III.5.1.3. Biodégradation

Processus essentiel pour éliminer les métaux organiques et les petites molécules présentes dans l'eau par transformation et/ ou minéralisation. Il a été observé que les microalgues sont capables de dégrader les polluants et de les transformer en intermédiaires, ou d'améliorer le taux de dégradation de la communauté microbienne présente (Sierra. 2022).

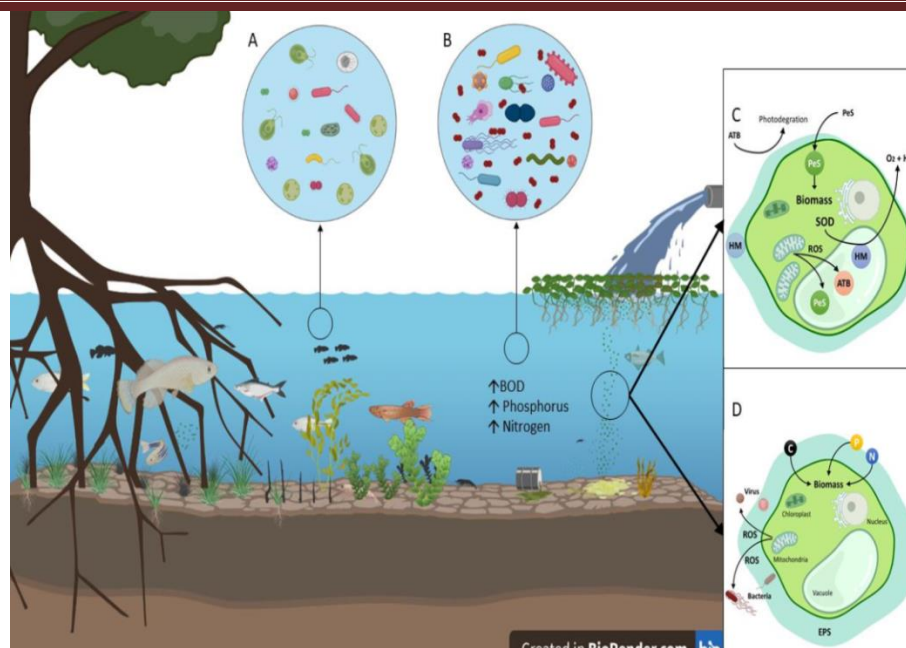


Figure.5.effets des rejets d'eaux usées sur les masses d'eau, mécanismes de phycorémédiation(Sierra et al. 2022).

III.6. Avantages et inconvénients de la bioremédiation

III.6.1. Avantages

Se sont avérés efficaces pour restaurer des sites pollués par différents types de polluants. L'application simultanée de plusieurs techniques de bioremédiation pendant la remédiation aidera à augmenter l'efficacité de la remédiation (en réduisant la faiblesse de la technique individuelle) (Azubuiké. 2016).

La bioremédiation peut s'avérer moins coûteuse que d'autres technologies utilisées pour le nettoyage de matières dangereuses. La bioremédiation peut sauver le web de la vie et interdire le passage de contaminants dangereux et risqués d'un écosystème à un autre(Sardrood et al. 2013). Ecologique, efficace dans les sols meubles (Maitra, 2018).

III.6.2. Inconvénients

Un inconvénient de cette méthode bioremédiation est qu'elle peut prendre plus de temps à décontaminer, elle est moins gérable (Maitra. 2018). Bioremédiation est limitée à ces composés sont sensibles à la dégradation rapide et complète, et il y a des préoccupations que les produits de

biodégradation peuvent être plus persistants ou toxiques que les composés parents. L'utilisation de processus in-situ et ex-situ qu'il est capable de causer beaucoup plus de dégâts que la pollution réelle elle-même (Sardrood et al. 2013). Il y a une difficulté de bioremédiation à confirmer si les contaminants ont été détruits ou non (Sayqal, Ahmed. 2021).

Partie II

Partie Expérimentale

Chapitre I

Présentation de la station

STEP 1

I.1. Présentation de la station d'épuration STEP1

La station d'épuration des eaux usées N°1 (STEP1) est celle de type lagunage aérée. Qui composée de six lagunes aérées réparties en deux étages de traitement et de trois lagunes de finition (3ème étage), d'un ouvrage de prétraitement (Dégrillage, dessablage), de 14 lits de séchage des boues d'épuration et de bâtiments d'exploitation, ainsi que le montage des équipements hydromécaniques et électriques.

Notre étude permettra notamment de déterminer le pouvoir épurateur physico-chimique des eaux usées de la ville d'El-Oued par la station d'épuration de Kouinine (STEP1) (ANRH. 2004).

I.2. Situation géographique de la station d'épuration

La station d'épuration des eaux usées sert à collectée les eaux usées des communes d'El-Oued, Robbah, Bayadha et Kouinine, elle est située au Nord-est de KOUININE.

Kouinine est la maire de l'une des municipalités qui appartiennent au groupe et de la vallée sera oasis, le désert au sud de l'Atlas et se situe sur zone de 116 Km² elle est situé au centre de la route national N°48, donc loin du siège du département d'état, environ sept kilomètres, elle est située sur niveau de 97 m au-dessus de la mer, et d'augmenter l'élévation vers le sud, tandis que la baisse dans la Nord.

Kouinine est une municipalité située au Nord de la vallée, représente la gestion administrative de la vallée est leur localisation comme se suit :

- Au Nord : commune Taghzout.
- Au Sud : commune d'El-Oued et Sud l'Ouest Oued Alanda.
- Au l'Est : commune de Hassani Abed Alkarime.
- Au l'Ouest : Ouermase. (DUC).

Cette station occupe une superficie de l'ordre de 100 hectares, permet de répondre aux besoins fonciers. La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle, orienté sud-nord, dont les dimensions sont :

- Largeur: 500 à 800 m.
- Longueur: 500 à 1400 m.

Actuellement, le site est occupé. A l'avenir, il conviendra de veiller à ce qu'aucun développement de l'occupation du sol n'ait lieu sur cette zone compte tenu de leur utilisation ultérieure (ONA. 2009).

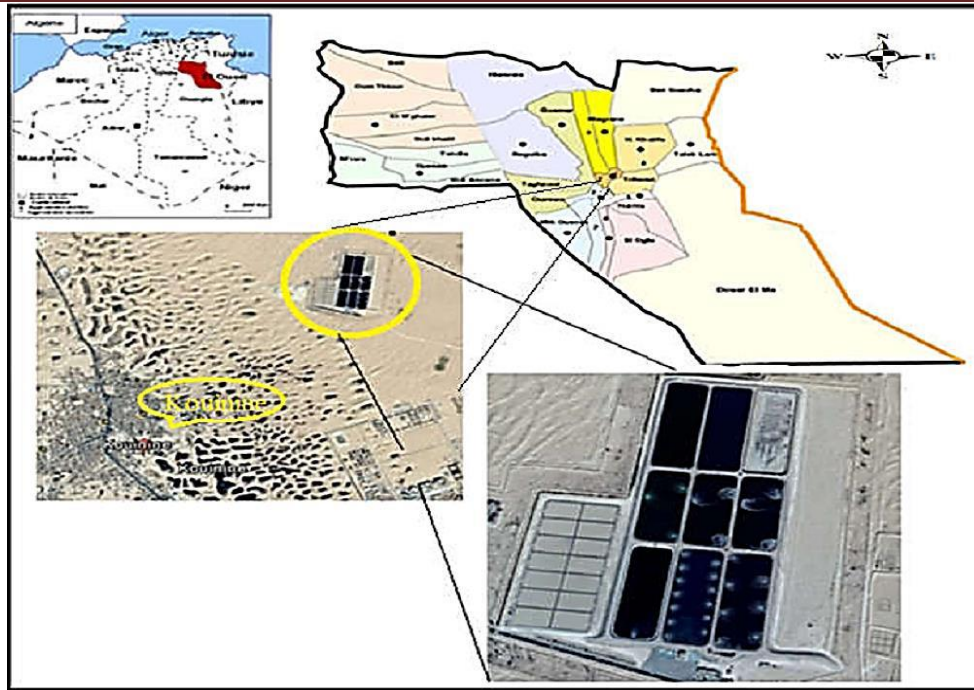


Figure.6. Carte de situation de STEP 01 Kouinine (ZOBEDI. 2017).

I.3. Objectif de traitement de la station

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur.
- Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

I.4. Description de STEP1

Station d'épuration des eaux usées à lagunage aéré est conçue pour desservir les communautés de : El-Oued, Bayadha, Kouinine et Robbah. La population totale de ces communautés actuellement d'environ 486170 habitants. La pleine capacité de la station d'épuration sera atteinte en 2030.

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après :

- Prétraitement avec dégrillage et dessablage longitudinal.
- Bassins d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- Bassins d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- Bassins de traitement d'affinage ou maturation (3 lagunes de post-traitement parallèles).
- Traitement de boues (14 lits de séchage des boues).

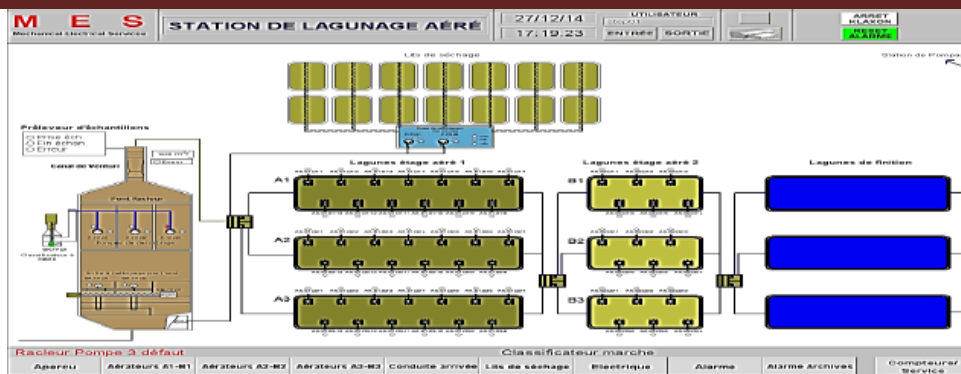


Figure.7. Schéma présenté station de lagunage aéré de STEP KOUININE N°01 (ONA. 2011).

I.5. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station

I.5.1. Prétraitement

Le prétraitement comporte les éléments suivants

a. Dégrillage

Construit en béton, avec deux chambres et dégrillage grossier dans le courant principal de l'eau usée ainsi qu'une chambre pour le by-pass de secours lors des pannes du dégrillage.

Les eaux usées traversent d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, l'espacement entre barreaux 15 mm retiennent les éléments les plus grossiers. après les grilles nettoyer par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau spécialement conçu qui surveille en permanence, la différence entre le niveau d'eau en amont et en aval sur la grille, une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à débris.



Figure.8. Dégrillage.

b. Dessablage

Construit en béton, avec trois chambres. Dans cette zone, le sable contenu dans les eaux usées est décanté grâce à une réduction de la vitesse d'écoulement et grâce à la force gravitaire. Ces particules sont ensuite aspirées par un racleur avec moteur électrique et des pompes d'aspiration avec suspension flexible (pompes à moteur submersibles), le mélange sable eau s'écoule par les conduites en acier du pont racleur vers le conduit en acier, monté sur la paroi extérieure du dessablage et puis vers la classification à sable pour la déshydratation.



Figure.9.Dessablage.

c. Ouvrage de répartition

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50 m de largeur, munis de obstacles pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (ONA. 2009).



Figure.10.Répartiteur vers les bassins d'aération.

I.5.2. Traitement secondaire des eaux usées

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage aéré. Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

a. Lagunes d'aération (première étape) :

Suite à l'alignement des vannes des conduites du répartiteur, l'eau usée à traiter biologiquement s'écoule par les conduites et répartie de manière homogène. Le traitement biologique d'eau consiste des trois lagunes aérées (A1, A2, A3) de la même taille et conception.

Pour assurer une réduction efficace de la pollution biologique (DBO) et chimique (DCO). A l'intervention des micro-organismes et l'oxygénation que fournir par 13 aérateurs dans chaque lagune, pour attendre dégradation de pollution organique entre 70-80 %. Selon le bilan global suivant :

Eau + pollution organique + micro-organismes +O₂ → CO₂ +H₂O+ biomasse (ONA. 2009).



Figure.11.Lagune aéré.

b. Lagunes d'aération (deuxième étape) :

Le fonctionnement de la deuxième étape d'aération est identique à la première. Mais pour la dégradation de la charge restante d'environ 20-30 % assuré par 6 pièces d'aérateurs ont été installées dans chaque lagune (ONA. 2009).



Figure.12.Aérateur.

c. Traitement complémentaire (lagune de finition) :

Les lagunes de finition ont été conçues et construites selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2.

Les lagunes de finition ou de traitement final, ont été construites pour améliorer la qualité de l'eau usée traitée biologiquement, en majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes de l'étape 1 et 2. Voilà pourquoi le dépôt des boues dans les lagunes de traitement de finition augmente juste lentement. Selon une estimation approximative, on peut assurer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire (ONA, 2009).



Figure.13.Lagune de finition.

d. Décharge des boues :

- **Lit de séchage des boues :**

Construire 14 lits de séchage dans 2 lignes avec 7 lits par ligne en est remplis des graviers de différente granulométrie et couverts du sable comme couche de couverture.

Pour le raclage de la boue déposée au radier des lagunes d'eau usée, un racleur de boue avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une conduite de refoulement flexible, la boue pompée s'écoule par la suite vers les lits de séchage. Elle stockée dans les lits de séchage et déshydratée dans les conditions naturelles. Dans les conditions climatiques locales on peut assumer un temps de séjour d'environ 15-18 jours. Ainsi, on atteint un taux de matière sèche de 400-450kg/m³ (ONA. 2009).



Figure.14.Lit de séchage des boues.

Chapitre II
Matériels et Méthodes

Nous avons réalisé notre étude dans de la STEP1 KOUININE, nous avons suivi les paramètres physico-chimiques durant le mois Mars 2022 au niveau du laboratoire de la station.

II.1. Matériel d'étude

- Pompe air aquarium
- Résistance aquarium
- Lampe
- Minuteur
- Balance
- PH mètre
- Conductimètre
- Microscope
- Thermomètre numérique
- Spectrométrie
- Mélangeur magnétique (agitateur)
- Autoclavage
- Dessicateur
- Turbidimètre
- Etuve
- Oxymètre
- Filtration sous vide
- NaOH

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1. Méthodes d'analyses

II.2.1.1. Analyses physico-chimique des eaux usées

a. Température

- Laver l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier filtre;
- Nous prélevons environ 100 ml d'eau à analyser, traitée ou non traitée;
- Nous plaçons l'électrode à l'intérieur de l'échantillon;
- On modifie (mode) en Temp et appuyer sur AR puis sur RUN;
- Les résultats sont lus directement depuis l'écran de l'appareil après avoir entendu la cloche.

b. Conductivité

- Laver l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier filtre;
- Nous prélevons environ 100 ml d'eau à analyser, traitée ou non traitée;
- Nous plaçons l'électrode à l'intérieur de l'échantillon;
- On modifie (mode) en Cond et appuyer sur AR puis sur RUN;
- On lit les résultats quand on entend la cloche.

c. Salinité

- Laver l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier filtre;
- Nous prélevons environ 100 ml d'eau à analyser, traitée ou non traitée;
- Nous plaçons l'électrode à l'intérieur de l'échantillon;
- On modifie (mode) en Sal et appuyer sur AR puis sur RUN;
- On lit les résultats quand on entend la cloche.



Figure.15. Conductimètre.

d. pH

- Laver l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier filtre;
- Nous prélevons environ 100 ml d'eau à analyser, traitée ou non traitée;
- Nous plaçons l'électrode à l'intérieur de l'échantillon, puis lisons directement à partir de l'appareil.

**Figure.16.** pH mètre.**e. Oxygène (O₂)**

- Laver l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier filtre;
- Nous prélevons environ 100 ml d'eau à analyser, traitée ou non traitée;
- Nous plaçons l'électrode à l'intérieur de l'échantillon, puis lisons directement à partir de l'appareil.

**Figure.17.** Oxymètre.

f. Turbidité

- Nous lavons le tube à essai par de l'eau distillée;
- Remplir le tube avec l'échantillon d'eau;
- Placer le tube à essai dans le turbidimètre;
- Les résultats sont lus directement depuis l'écran de l'appareil.



Figure.18. Turbidimètre.



Figure.19. Tube pour turbidimètre.

II.2.1.2. Analyses organique des eaux usées

a. Demande biochimique en oxygène après 05 jours (DBO5)

➤ L'eau non traitée

- On met 164 ml d'eau dans la bouteille de l'appareil de couleur foncée;
- Nous mettons un agitateur magnétique dans la bouteille;
- Nous ajoutons inhibiteur;
- Nous mettons un support en plastique à l'intérieur du bouteille et mettons 2 (NaOH);
- Mettez l'inhibiteur à l'intérieur de la bouteille;
- Fermer la bouteille par la tête numérique, nous modifions l'appareil (la gamme 0-600 mg/l);
- Nous mettons l'échantillon dans son réfrigérateur à 20 C° pendant 5 jours puis lisons le résultat.

➤ L'eau traitée

- On met 365 ml d'eau dans la bouteille de l'appareil de couleur foncée;
- Nous mettons un agitateur magnétique dans la bouteille;
- Nous ajoutons inhibiteur;
- Nous mettons un support en plastique à l'intérieur de la bouteille et mettons 2 (NaOH);
- Mettez l'inhibiteur à l'intérieur de la bouteille;
- Fermer la bouteille par la tête numérique, nous modifions l'appareil (la gamme 0-80 mg/l)

- Nous mettons l'échantillon dans son réfrigérateur à 20 C° pendant 5 jours puis lisons le résultat.



Figure.20.Appareil de mesure DBO5.

b. Demande chimique en oxygène (DCO)

- Agiter la solution H₂SO₄ dans le tube à essai de DCO avant utilisation;
- Ouvrir le tube et y mettre 2 ml d'eau traitée ou non traitée, fermer le tube et agiter;
- Nous laissons l'échantillon pendant deux heures à 148 C° dans l'Etuve;
- Nous agitons l'échantillon après l'avoir retiré d'Etuve;
- Refroidir l'échantillon puis lire les résultats dans un spectrophotomètre.



Figure.21. spectrophotomètre.

C. Matières en suspension (MES)

- Peser le papier filtre vierge (P0) par une balance sensible;
- Nous prélevons un certain volume d'eau (V) traitée ou non traitée et le filtrons à travers un appareil de filtration sous vide;
- Mettez le papier filtre dans le dessiccateur pendant deux heures;
- Peser le papier filtre (P1) par une balance sensible;

- Pour lire le résultat on calcule: $MES = ((P1 - P0)/V) * 10^6$.



Figure.22. Etuve.



Figure.23. Filtration sous vide.



Figure.24. Dessiccateur.



Figure.25. Bala

Chapitre III
Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées

a. Température

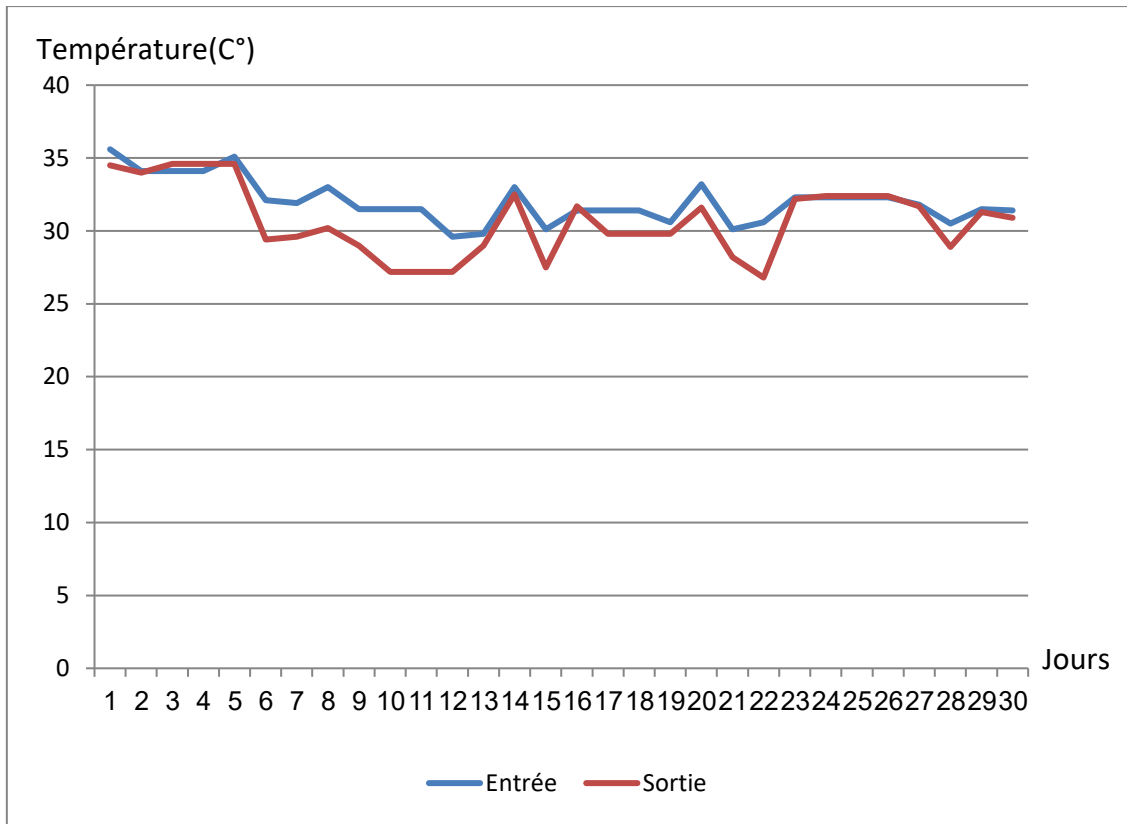


Figure.26. Histogramme de variation de température T°C l'eau entrant et sortant de la station

- On observe que valeurs de température dans l'eau brute d'abord après traitement sont élevées et confinées entre (26.8- 35.6). ceci est du à la température élevée de l'atmosphère ainsi qu' à la réaction chimique résultant de la réaction d'adsorption. On constate une grande convergence des températures de l'eau aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la station, ces résultats sont bons car ils se situent dans les limites autorisées des eaux destinées à l'irrigation selon les normes nationales algériennes et l'OMS pour l'année 1971.

b. Conductivité

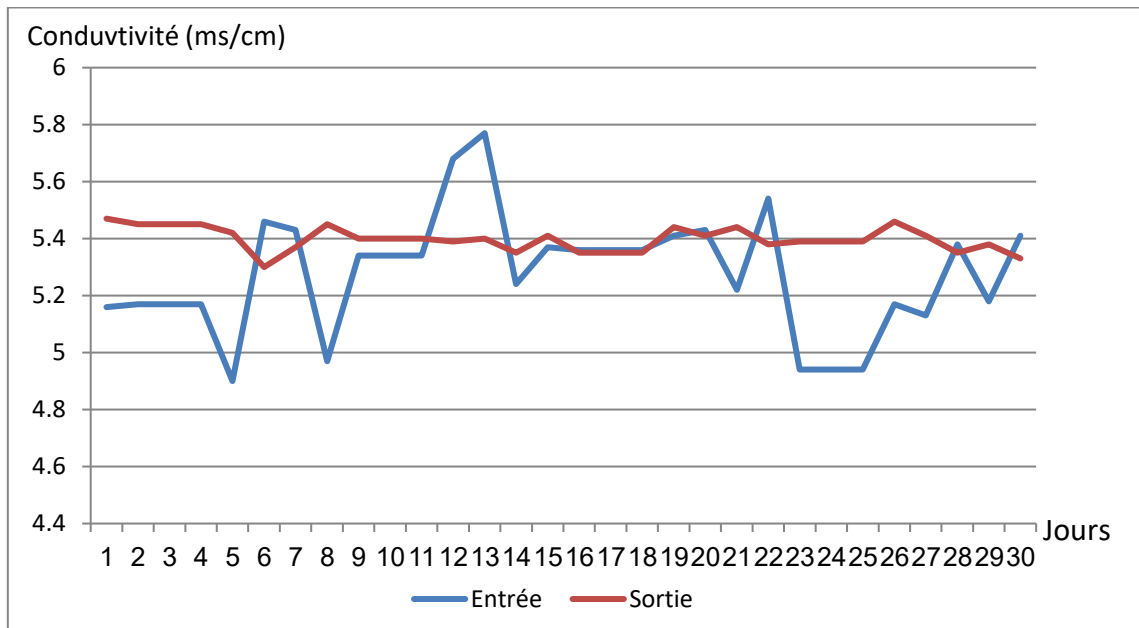


Figure.27. Histogramme de variation de conductivité l'eau entrant et sortant de la station

- On observe qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de conductivité de l'eau sortie et l'eau entrée, qui se sont confinées entre (4.94-5.4). cela indique la présence d'électrolytes positifs et négatifs dans l'eau. Peut expliquer la hauteur dans la conductivité électrique, la matière organique se transforme en substances métalliques à la suite de la décomposition biologique car on s'attend à ce que tous ces changements entraînent dans la haute conductivité électrique. Ces résultats sont en dehors des normes admissibles pour l'eau d'irrigation selon les normes nationales algériennes et l'OMS pour l'année 1971.

c. Salinité

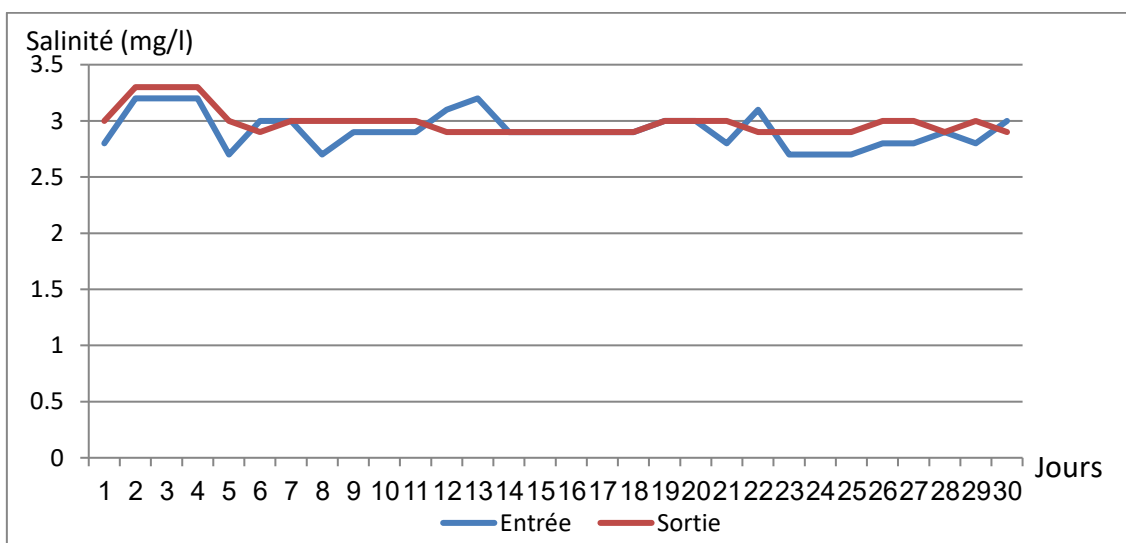


Figure.28. Histogramme de variation de salinité l'eau entrant et sortant de la station.

- On observe qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de Salinité de l'eau entrée et l'eau sortie, qui se sont confinées entre (2.7-3.3).ces résultats sont bons car ils se situent dans les limites autorisées des eaux destinées à l'irrigation selon les normes nationales algériennes et l'OMS pour l'année 1971.

d. pH

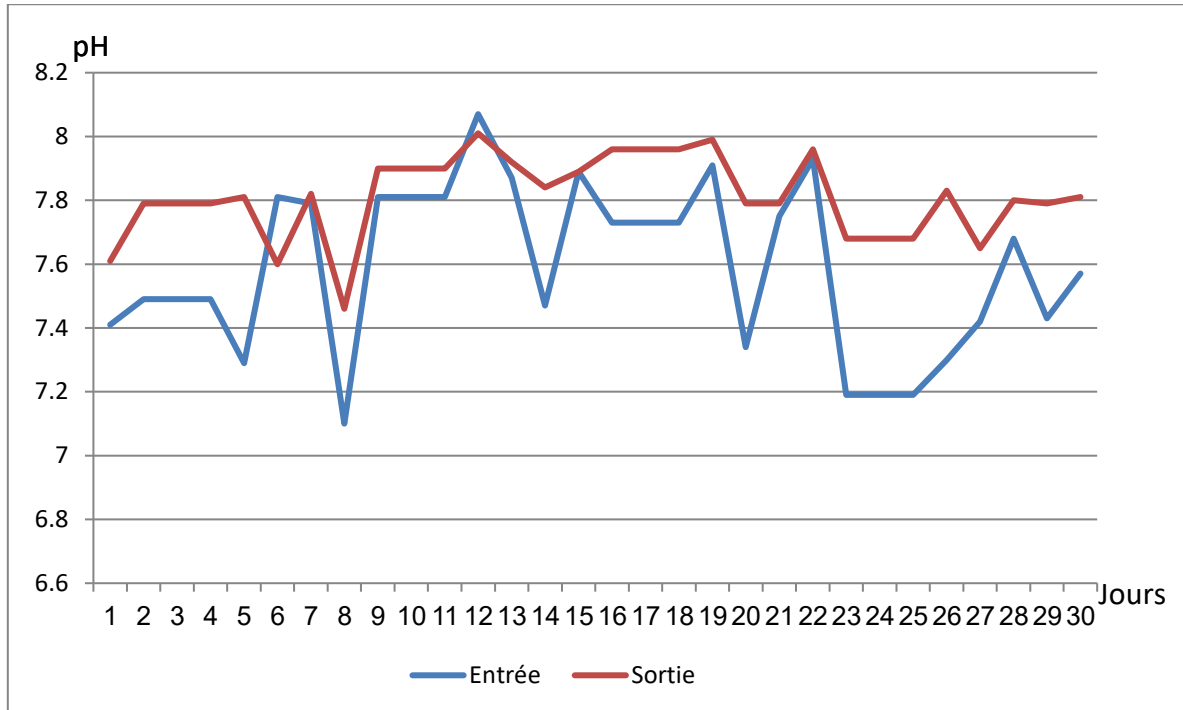


Figure.29. Histogramme de variation de pH l'eau entrant et sortant de la station.

- On remarque que les valeurs de pH de l'eau étaient basiques, cela est dû à la présence de carbonates et de bicarbonates en abondance dans les eaux. De plus, le nombre augmente lorsque la quantité de phytoplancton est élevée, comme les algues, le processus de photosynthèse est activé la consommation de CO₂ augmente et la valeur du pH (**Rodrigues et al, 2008**).

e. Oxygène (O₂)

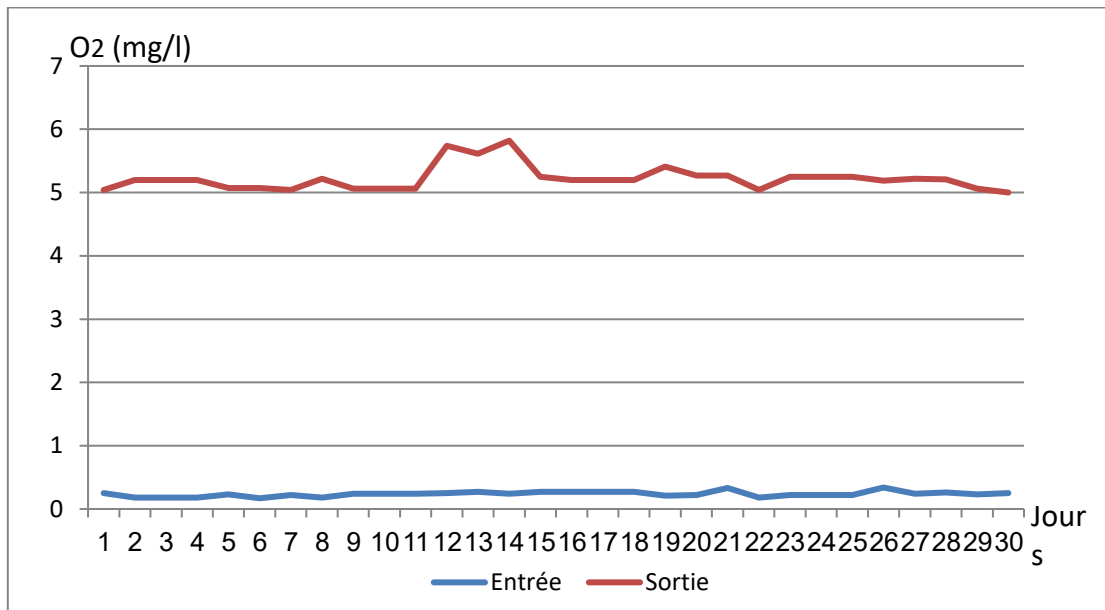


Figure.30. Histogramme de variation d'oxygène l'eau entrant et sortant de la station.

- On observe que la valeur de l'oxygène dans l'eau brute est très faible (0.17-0.33), contrairement à l'eau sortie, le pourcentage d'oxygène est élevé (5.04-5.82) car le processus de traitement dans la station est effectué en pompant de l'oxygène et aussi à cause de l'absence de travail bactérien, qui facilite l'échange entre la surface de l'eau et l'oxygène de l'air.

f. Turbidité

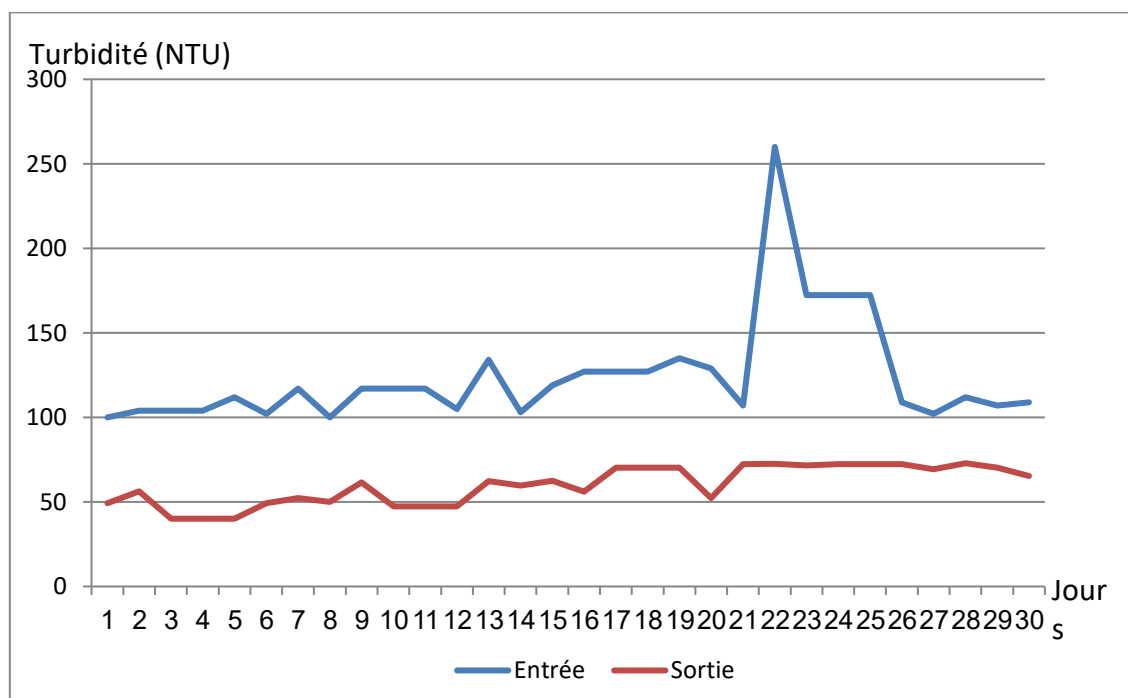


Figure.31. Histogramme de variation Turbidité l'eau entrant et sortant de la station.

- D'après les résultats obtenus, on remarque une diminution des valeurs de turbidité par rapport à l'eau brute et traitée (diminution de la valeur de turbidité de 260 NTU à 40.1 NTU), cela est dû à la capacité des bactéries présentes dans l'eau à adsorber les polluants organiques présents dans l'eau. La comparaison de ces résultats avec les normes internationales de 1971 a montré que les conditions autorisées pour le drainage vers le milieu naturel.

III.2. Résultat des analyses organique des eaux usées

a. Demande biochimique en oxygène après 05 jours (DBO5)

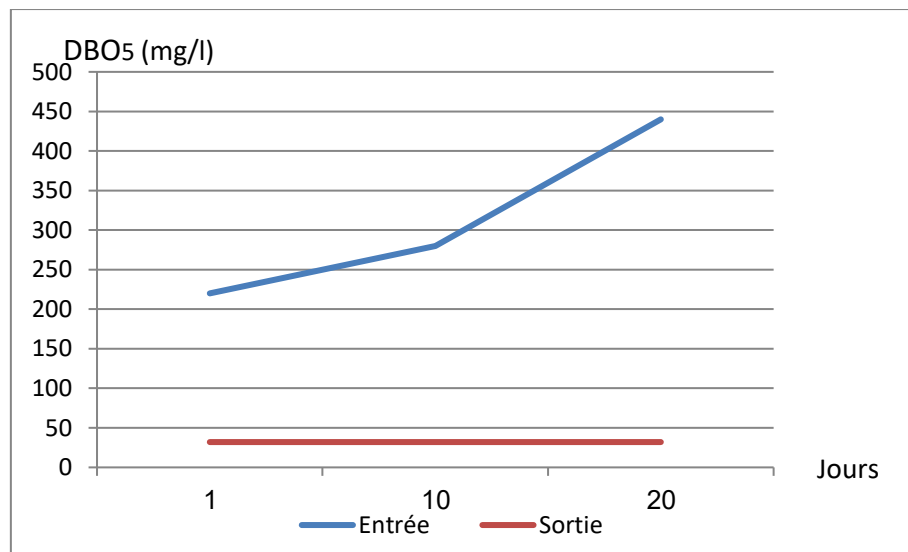


Figure.32. Histogramme de variation DBO5.

- Nous notons que les valeurs de DBO5 dans l'eau brute sont élevées 440 mg/l en raison de la grande quantité de polluants, nous le notons amélioration du DBO5 pour l'eau traitée (32 mg/l). cela est dû à une augmentation de croissance des algues, multiplication des colonies bactériennes et augmentation de leur activité, ce qui se traduit par une analyse biologique des matériaux de susceptibilité décomposeurs qui fournissent une source de nourriture pour l'évolution. En comparant les résultats avec les normes internationales de l'OMS de 1971, il a été constaté que la valeur de DBO5 est en dehors des normes.

C. Matières en suspension (MES)



Figure.33. Histogramme de variation MES.

- On observe que la valeur des matières en suspension est élevée 914.3 mg/l dans l'eau brute car elle contient à la fois des matières organiques et inorganiques. Les valeurs MES dans l'eau traitée sortant de la station sont considérées comme moyennes car la température de l'air est élevée, ce qui provoque la formation d'algues, ce qui augmente la valeur des matières en suspension. Ces résultats sont bons par rapport aux autres résultats (العربي, العلمي, 2020), mais cela reste en dehors des normes de l'OMS.

Conclusion

Conclusion

La station a un rôle général dans la protection de l'environnement en éliminant les odeurs désagréables et les eaux stagnantes dans les zones urbaines et la protection des richesses naturelles grâce à l'étude de terrain que nous avons menée pendant tout un mois.

Dans notre étude, nous avons utilisé la bioremédiation des eaux usées. La validation de l'efficacité dans la STEP QUININE. Le paramètre physique et chimique a montré la température de (35.6°C), Les valeurs de pH étaient plutôt stables, généralement ceux-ci sont sous des normes (5.5-8.5). Nous avons également enregistré une diminution significative des valeurs de turbidité de 260 NTU à 40.1 NTU. Nous avons également enregistré de bons résultats, avec un clearance rate de 92% pour DBO5 et 98,2% pour MES.

En comparant les résultats obtenus avec les normes nationales et les normes internationales de l'OMS pour l'année 1971, ces résultats sont considérés comme acceptables.

On peut dire que la bioremédiation est une technique utilisée pour éliminer les polluants dans les eaux usées. Malgré les obstacles rencontrés : temps et pénurie de certains matériels et réactifs, les résultats ont été bons,

En Perspectives, à la lumière de ces résultats, il est nécessaire d'effectuer :

- Réalisation d'une étude approfondie sur l'effet de l'eau traitée de l'usine sur l'arrosage des arbres fruitiers.
- Réalisation d'études sur la pollution de l'eau par les métaux lourds

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdelly.ch. (2007).** Bioremédiation / Phytoremédiation. publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/277226840>
- Adams.G.O ., Fufeyin.P.T.,Okoro.S.E.,Ehinomen .I ., (2015).** Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation. sciepub science and education publishing, P 29.
- Ahmad.I.,Koji,I.,Mohamad,S.E.,Abdullah, N., Yuzir, A., (2021).** Potential of Microalgae in Bioremediation of Wastewater. Published by BCREC Group. P414.
- Akpor. B., Muchie. (2011).** Wastewater effluent discharge: effects and treatment processes. International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering, P 86-87.
- Ammar, ZOBEIDI. É**puration Des Eaux Usées Urbaines Par Lagunage. 2018. p. 81.
- Amoatey. P., Bani., R. (2016).** Wastewater management. Reserchgate, P 380-383.
- Azubuiké.ch. ch., Chikere.ch. B., Okpokwasili.G.ch., (2016).** Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. This article is published with open access at Springerlink.com. P7-8.
- Ciferri.O. (1983).** Spirulina, the edible microorganism. American society for microbiology, P 551-558.
- Conference, Anon Bonn .2011.** The water, energy and food security nexus –solutions for a green economy.p. 27.
- Drechsel.P.,Manzoor.Q., Dennis.W. (2015).** Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World, Springer Netherlands, P 283.
- El-Sheekh.M.M., Mahmoud.Y.A.G., (2017).** Technological Approach of Bioremediation Using Microbial Tools: Bacteria, Fungi, and Algae, publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/313427174>, P141.
- Goyal. D., Ahluwalia. S. (2005).** Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresource technology, P 2243.
- Gupta.S., Bux, F. (2019).** Application of microalgae in wastewater treatment. Springer Nature Switzerland, P 18-31.
- Kaplan. D., (2004).** Water Pollution and Bioremediation by Microalgae Adsorption and Adsorption of Heavy Metals by Microalgae. Blackwell Publishing Ltd. P 443.
- Kellogg, R., Charles. H., David. C., Gollehon. N. (2000).** Rmanure nutrients relative to the capacity of cropland and pastureland to assimilate nutrients: spatial and temporal trends for the united states. Proceedings of the Water Environment Federation, P12.
- Kumar.S., Saravanan.A. (2018).** Detox fashion waste water treatment. Springer Nature Singapore, P 250.
- Madigan,M., Martinko, J. (2007).** Biologie des micro-organismes. Pearson eduction France, P 1047.

- Maitra.S. (2018).**In situ bioremediation.Life Science Informatics Publication, India, P 585.
- Michael.R.,David.B.(2011).**introduction to wastewater treatment. Bookboonlearning. P 80.
- Nouri,M., Haddioui, A., (2016) .**Les techniques de dépollution des sols contaminés par les métaux lourds: une revue. (The remediation techniques of heavy metals contaminated soils: a review).Maghrebien Journal of Pure and Applied Science ISS,
- Olguín.EJ., Sánchez-Galván.G. (2011).** Phycoremediation: Current Challenges and Applications.B.V. All rights reserved. P215.
- Pay. D., Manzoor. Q., Dennis. W. (2015).**Wastewatereconomic asset in an urbanizing world.Springer Science+Business Media Dordrecht, P 38.
- Peace.A.,Richard.B. (2016).**Wastewater Management, reserchgate, P 15-20.
- Ray.R.R.,Paul.O., Jasu.A.,Lahiri.D.,Nag.M., (2021).**In situ and ex situ bioremediation of heavy metals: the present scenario.Published byVilnius Gediminas Technical University, P 454.
- Reviere.B. (2003).**Biologieetphylogénie des algues. Editions Belin, P 255.
- Rodrigues.A.C.,Boroski. M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N. (2008).** Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation flocculation followed by heterogeneous photocatalysis..s.l, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, P 1-10.
- Sankhla.M.S .,Singhal , M., Jadhav, S.,Sonone, S. S., Kumar , R., (2021).**Microalgae Based Sustainable Bioremediation of Water Contaminated by Pesticides. biointerface research in applied chemistry,Volume 12, Issue 1, P158.
- Sardrood.B.P.,Goltapeh.E.M.,Varma.A.(2013).**An Introduction to Bioremediation.publication at: <https://www.researchgate.net/publication/258630253>, P 5-6.
- SelmiBachir.Satin marc.(1999).** Guide technique de l'assainissement. [éd.] 2ème édition. p. 680.
- Sierra.E.L., Díaz.Y.A.,Martínez.E.M., García.L.C., Serrano.M.C., (2022).**Phycoremediation as a Strategy for the Recovery of Marsh and Wetland with Potential in Colombia.MDPI,P 2.
- Singh.N.K.,Patel.D.B.,(2012).** Microalgae for Bioremediation of Distillery Effluent.Science+Business Media Dordrecht.P 83.
- Sonune. A., Ghate. R. (2004).**Developments in wastewater treatment methods.Desalination, P 55-63.
- Tandjir,L. (2012).**Les eaux et leurs effets subtils sur l'environnement. Niagara Falls. P 29.
- Tiwari.A.,Guleri.S.,Saxena.A.,Singh.K.J., Rinku, Dhanke.R., Kapoor.N . (2020).**phycoremediation: anovel and synergisticapproach in wastewaterremediation, publié

Références bibliographiques

par la faculté de biotechnologie et des sciences alimentaires, p99.

Vonshak.A., (1997).Spirulinaplatensis (Arthrospira) Physiology, cell-biology and biotechnology. Taylor & Francis Ltd, P 233.

Yahya.M., Gokcekus. H., Ozahin. D., Uzun. B. (2020).Evaluation of wastewater treatment technologies using topsis.Desalination publications, P 416-422.

العربيبنالذيروالعلمينواصر. تقييم محطة غرداية لمعالجة المياه المستعملة بطريقة البحيرات الطبيعية (language naturelle) من أجل استغلالها في المجال الزراعي, جامعة قاصدي مرباح ورقلة كلية الرياضيات وعلوم مادة, مذكرة ماستر, (2020).

Annex

Spécifications des eaux usées traitées utilisées pour l'irrigation

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES					
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE		
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5		
	MES	mg/l	30		
	CE	ds/m	3		
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2		
	3 - 6		0.3		
	6 - 12	ds/m	0.5		
	12 - 20		1.3		
	20 - 40		3		
Chimiques	DBO5	mg/l	30		
	DCO	mg/l	90		
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10		
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30		
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5		
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0		
	Arsenic	mg/l	2.0		
	Béryllium	mg/l	0.5		
	Bore	mg/l	2.0		
	Cadmium	mg/l	0.05		
	Chrome	mg/l	1.0		
	Cobalt	mg/l	5.0		
	Cuivre	mg/l	5.0		
	Cyanures	mg/l	0.5		
	Fluor	mg/l	15.0		
	Fer	mg/l	20.0		
	Phénols	mg/l	0.002		
	Plomb	mg/l	10.0		
	Lithium	mg/l	2.5		
	Manganèse	mg/l	10.0		
	Mercure	mg/l	0.01		
	Molybdène	mg/l	0.05		
	Nickel	mg/l	2.0		
	Sélénium	mg/l	0.02		
	Vanadium	mg/l	1.0		
Zinc	mg/l	10.0			

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.



Jauge d'eau à l'intérieur et à l'extérieur(débit mètre)



Chambre de contrôle de la station de pompage



Echantillon d'eau usée avant traitement Echantillon d'eau usée après traitement