



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 وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Dépollution naturelle des eaux usées.

Présenté et soutenu publiquement par :

Mlle OUEZZANI Imen & Mlle LOUHADJ Maroua

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Établissement	Qualité
AIDENE Zahia	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Présidente
HEBBAR Chafika	Professeur	Université d'Oran2/IMSI	Encadreur
NAOUI Abderrahmane	Doctorant	Université d'Oran2/IMSI	Co-Encadreur
SIRAT Fatema-Zohra	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Examineur

Année : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude envers le Dieu, notre créateur, pour nous avoir accordé la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail, et pour nous avoir accordé le courage et la patience tout au long de ces années.

*Nous remercions notre encadrante **Mme. le Professeur HEBBARChafika** d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement et orienté tout au long de ce travail.*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude à **Mr. NAOUI Abderrahmane** pour avoir suivi et dirigé notre travail, nous avons apprécié sa patience, son encouragement et ses conseils.*

*Nous tenons également à remercier les membres de jury le **Dr AIDENE Zahia** et le **Dr SIRAT Fatema-Zohra** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de présider et d'examiner notre projet de fin d'études et de siéger à notre soutenance. Un grand merci au personnel de la **STEP EL-Karma** principalement le chef de la station **Mr. TEFAHIMehdi** et **Mme DIDI Djazia** sans oublier l'équipe de laboratoire pour leur disponibilité et leur aide, aussi pour leur disponibilité et la qualité de leur encadrement en station.*

Nous n'oublions pas le personnel de l'IMSI qui a marqué le commencement de notre parcours scientifique. Nous leur exprimons notre gratitude sincère pour nous avoir accordé ce niveau, ce niveau qui a été notre véritable soutien tout au long de ce travail, et il le sera tout au long de notre carrière.

Nous remercions toute personne qui nous offre son aide de près ou de loin.

Dédicaces

Le devoir de reconnaissance m'oblige de dédier ce modeste mémoire à tous ceux qui me sont chers, se sont ceux à qui je dois à mon succès

A mon très cher père

À l'épaule solide et au cœur généreux, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce travail est le fruit des sacrifices immenses que tu as consenti pour mon éducation et ma formation. Ta sagesse et ton soutien inébranlable ont été et sont des piliers sur lesquels j'ai pu m'appuyer tout au long de mon parcours.

Je te dédis ce travail en témoignage de mon profond amour et de gratitude infinie. Puisse Dieu, le tout-puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Je t'aime papa

A ma chère mère, honorable et aimable.

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tes prières et tes bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra jamais exprimer pleinement l'amour et la reconnaissance que j'ai pour toi. Tu es pour moi la lumière qui me guide vers le chemin de ma réussite.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier de tes sacrifices consentis et de l'affection dont tu m'as toujours témoignée. Que Dieu t'accorde une longue vie, te protège et te garde en bonne santé. Je t'aime, Maman.

A mes chers frères MOHAMED et MOUSSA

Je vous dédie ce travail en reconnaissance de vos encouragements et de votre soutien tout au long de mes études, Votre présence et votre aide m'ont été précieuses à chaque étape de ce parcours.

A Ma chère sœur CHAIMAA et son mari

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études. Que Dieu vous protège et vous offre la chance et le bonheur.

A mon mari

Ta présence est un précieux cadeau qui inonde ma vie de joie, Chacun de tes sourires a illuminé mon chemin, chaque mot d'encouragement a nourri mes rêves. Merci d'avoir été mon ange gardien, cette réussite est aussi la tienne.

A mon cher binôme Maroua pour son entente et sa sympathie.

A toute ma famille, A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

IMEN

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soit les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A **ma très chère mère** quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A **mon très chère grand père** « Allah Yerahmah » (qu'ALLAH l'accueille et le bénie dans son vaste paradis). Tu restes toujours dans mon cœur.*

*A **mon cher frère** qui m'a toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*A **mes très chères tantes** et tout la famille BELMEDDAH que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.*

*Aux **sœurs** que je n'ai jamais eu et qui ont toujours été là pour moi durant mes moments : **Amina, Bouchra, Sarah, Romaiassa, Souhila, Manel** je vous souhaite à toutes beaucoup de bonheur.*

*A **mon chère ami** Mido qui m'a toujours soutenu.*

*Sans oublier **mon binôme** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet*

MAROUA

Glossaire

Glossaire

Biodégradabilité : capacité d'une substance organique à être décomposée par des processus biochimiques. Selon la structure moléculaire de ces substances, leur biodégradabilité sera plus au moins effective.

Boues activées : flocons bactériens décantables produits au cours de l'épuration biologique (floculation).

Charge hydraulique :- poids h d'une colonne d'eau de hauteur H au-dessus d'un niveau de référence. Exprimée en mètre de hauteur d'eau (pour un filtre) ;

- volume horaire ou journalier d'eau à traiter (pour une station d'épuration).

DBO5 : la demande biochimique en oxygène est une mesure des matières organiques aisément biodégradables. C'est la quantité d'oxygène dissous dans l'eau nécessaire pour oxyder par voie biologique ces matières organiques. Cette mesure s'effectue suivant un protocole normalisé en 5 jours, d'où le terme de DBO5.

DCO : la demande chimique en oxygène est une autre mesure de la concentration de matières organiques (et partiellement inorganiques) contenues dans une eau. Mesure après oxydation chimique intense, elle représente la concentration d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la totalité des matières organiques. La DCO inclut donc la DBO et, pour essentiel (90%), est biodégradable ou séparable dans les installations biologiques d'épuration des eaux usées

Décantation : action de clarifier, de séparer par différence de gravité, des produits non miscibles, dont l'un au moins est liquide.

MES : les matières en suspension est l'ensemble des particules minérales et (ou) organiques présentes dans une eau naturelle ou pollué

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

- Al₂(SO₄)₃** : Sulfate D'aluminium
CE : Conductivité Electrique
CF : Coliformes fécaux
CH₄ : Méthane
CO₂ : Dioxyde De Carbone
CT : Coliformes totaux
DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène durant cinq jours
DCO : Demande Chimique en Oxygène
Eau entrée : Eau brute (de la STEP)
Eau sortie : Eau épurée
Eau traitée : Eau traitée par l'argile
FeSO₄ : Le sulfate ferreux
H₂S : Sulfure d'hydrogène
HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
K : Constante de biodégradabilité
MES : Matière en Suspension
μS/Cm : Micro Siemens
NaAlO₂ : L'aluminate de sodium
NH₃ : Ammoniac
NH₄⁺ : Ammonium
N-NO₃⁻ : Azote nitrate
NO₂⁻ : Nitrites
NO₃⁻ : Nitrates
Noah : Hydroxyde de Sodium
NT : Azote total
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCB : Pyralène
pH : Potentiel d'Hydrogène
PO₄³⁻ : Ortho-phosphates
PO₄H₂⁻ : Poly phosphates
PT : Phosphore total
SO₂ : Dioxyde de soufre
SO₂ : dioxyde de soufre
STEP : Station d'Épuration
UV : Ultras Violets

Liste des figures

Fig. 2.1 : Etapes de traitement biologique.....	17
Fig. 2.2 : Etapes traitements physico-chimique.....	20
Fig. 2.3 : Schéma de fonctionnement d'une station à boues activées.....	21
Fig.2.4 : Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées	22
Fig.2.5 : Schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP	22
Fig. 2.6 : Décanteur primaire	24
Fig.2.7 : Principe de fonctionnement de décanteur.....	24
Fig. 2.8 : Epaisseur.....	27
Fig. 2.9 : Appareil de déshydratation.....	28
Fig. 2.10 : Argile verte.....	30
Fig. 2.11 : Argile rouge.....	30
Fig. 2.12 : Kaolin	31
Fig. 2.13 : Bentonite.....	31
Fig. 3.1 : Station d'épuration El-Karma.....	37
Fig. 3.2 : Laboratoire de la STEP EL-KARMA.....	39
Fig. 3.3 : Dégrilleur de la STEP EL-KARMA.....	40
Fig. 3.4 : Dessableurs de la STEP EL-KARMA.....	41
Fig. 3.5 : Décanteur primaire.....	42
Fig. 3.6 : Décanteur secondaire de la STEP EL-KARMA.....	44
Fig. 3.7 : Fosse de pompage de boue.....	45
Fig. 3.8 : Mesure du pH avec le pH-mètre.....	47
Fig. 3.9 : Mesure de la conductivité.....	47
Fig. 3.10 : Cuve pendant la mise au digesteur thermostat (150°C Pd 2H).....	48
Fig. 3.11 : Oxitope.....	48
Fig. 3.12 : Détermination de MES.....	49
Fig. 3.13 : Détermination des ortho-phosphates par spectrophotométrie.....	49
Fig. 3.14 : Détermination de phosphore total.....	50
Fig. 3.15 : Détermination des matières azotées par LCK.....	51
Fig. 3.16 : Prélèvement et traitement des eaux usées et épurées de la STEP.....	51
Fig. 3.17 : Types de filtration des eaux usées et épurée.....	52

Fig. 4.1 : Résultat d'analyse du pH de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et Kaolin (Entrées).....	57
Fig. 4.2 : Résultat d'analyse du pH de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie)	57
Fig. 4.3 : Résultat d'analyse de la CE de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrées).....	58
Fig. 4.4 : Résultat d'analyse de la CE de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie).....	58
Fig. 4.5 : Résultat d'analyse du DCO de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrées).....	59
Fig. 4.6 : Résultat d'analyse du DCO de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie).....	59
Fig. 4.7 : Résultat d'analyse du DBO ₅ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrées).....	60
Fig. 4.8 : Résultat d'analyse du DBO ₅ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie).....	60
Fig. 4.9 : Rendement de la DCO de l'eau épurée et traitée par Bentonite et Kaolin.....	62
Fig. 4.10 : Rendement de la DBO ₅ de l'eau épurée et traitée par Bentonite et Kaolin.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Concentrations des différents paramètres.....	06
Tableau 1.2 : Normes internationales de rejets des eaux usées.....	09
Tableau 1.3 : Normes européennes de rejet des eaux usées.....	10
Tableau 1.4 : Normes algériennes de rejet des eaux usées (JORADP, 2012).....	12
Tableau 2.4 : Prétraitement d'une STEP.....	22
Tableau 3.1 : Différents débits des eaux usées de la STEP d'El Karma (Notice d'exploitation STEP, 2006).....	25
Tableau 3.2 : Charge massique de différentes paramétrées physico-chimiques (Notice d'exploitation STEP, 2006).....	38
Tableau 3.3 : Caractéristiques du dégrilleur.....	39
Tableau 3.4 : Dimension du bassin d'aération.....	40
Tableau 4.1 : Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'El-Karma (Janvier- Avril 2024).....	52
Tableau 4.2 : Rendements épuratoires.....	58
Tableau 4.3 : Coefficient de la biodégradabilité.....	59

Résumé
Abstract
ملخص

Résumé : Suite aux résultats satisfaisants obtenus des quatre mois de l'année 2024, nous constatons une performance, un bon fonctionnement et un respect à la réglementation nationale de la station d'épuration El-Karma. Les eaux usées et épurées issues de la même station ont subi un traitement argileux naturel par deux types d'argile : bentonite (originaire de l'ouest algérien) et le kaolin (originaire de l'est algérien). La bentonite semble être un très bon matériau adsorbant par rapport au kaolin. On souhaite approfondir et augmenter les analyses des différents paramètres durant les quatre saisons de l'année pour bénéficier de la réutilisation de ces eaux pour l'irrigation des terrains agricoles, grands consommateurs d'eau et par la suite lutter contre le stress hydrique surtout pour l'ouest algérien

Mots-clés : Eau usée, Eau épurée, Eau traitée, bentonite, kaolin, paramètres physicochimiques, STEP EL-KARMA.

Abstract: Following the satisfactory results obtained for the four months of 2024, we note performance, good operation and compliance with national regulations of the El-Karma wastewater treatment plant. The waste and purified water from the same station underwent a natural clay treatment with two types of clay: bentonite (originating from western Algeria) and kaolin (originating from eastern Algeria). Bentonite appears to be a very good adsorbent material compared to kaolin. We wish to deepen and increase the analyzes of the different parameters during the four seasons of the year to benefit from the reuse of this water for the irrigation of agricultural land, large consumers of water and subsequently to fight against water stress especially for western Algeria

Keywords: Wastewater, Purified water, treated water, bentonite, kaolin, physicochemical parameters, STEP EL-KARMA

ملخص:

بعد النتائج المرضية التي تم الحصول عليها خلال الأشهر الأربعة من عام 2024، نلاحظ الأداء والتشغيل الجيد والامتثال للوائح الوطنية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالكرمة. وخضعت النفايات والمياه النقية من نفس المحطة إلى معالجة طينية طبيعية بنوعين من الطين: البنتونيت (من غرب الجزائر) والكاولين (من شرق الجزائر). يبدو أن البنتونيت مادة ماصة جيدة جدًا مقارنة بالكاولين. ونرغب في تعميق وزيادة التحليلات لمختلف العوامل خلال الفصول الأربعة من السنة للاستفادة من إعادة استخدام هذه المياه لري الأراضي الزراعية ومستهلكي المياه الكبار ومن ثم مكافحة الإجهاد المائي خاصة في غرب الجزائر

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Page

Introduction générale01

Chapitre 1 : Revue bibliographique sur la pollution et les eaux usées

Introduction.....02

1.1 Généralités sur la pollution

1.1.1 Définition de la pollution02

1.1.2 Types de pollution.....03

1.1.2.1 Pollution physique.....03

1.1.2.2 Pollution chimique.....03

1.1.2.3 Pollution radioactive.....03

1.1.2.4 Pollution minérale.....03

1.1.2.5 Pollution thermique03

1.2 Classifications et origines des eaux usées.....03

1.2.1 Définition de l'eau usée03

1.2.2 Origine des eaux usées.....04

1.2.2.1 Eaux usées urbaines04

1.2.2.2 Eaux usées industrielles04

1.2.2.3 Eaux usées agricoles.....04

1.2.2.4 Eaux pluviales.....05

1.3 Composition et caractéristiques des eaux usées05

1.3.1 Composition des eaux usées.....05

1.3.1.1 Rejets industriels05

1.3.1.2 Rejets agricoles.....05

1.3.1.3 Rejets domestiques06

1.4 Caractéristiques des eaux usées06

1.4.1 Paramètres physiques.....06

1.4.1.1 Température06

1.4.1.2 Matières en suspension (MES)07

1.4.1.3	Potentiel hydrogène (pH)	07
1.4.1.4	Conductivité électrique (CE)	07
1.4.2	Paramètres chimiques	07
1.4.2.1	Demande chimique en oxygène (DCO)	08
1.4.2.2	Demande biologique en oxygène (DBO5)	08
1.4.2.3	Azote total (NT)	08
1.4.2.4	Phosphore total (PT)	08
1.4.2.5	Métaux lourds	08
1.4.3	Paramètres organoleptiques	08
1.4.3.1	Odeur	08
1.4.3.2	Couleur	08
1.4.4	Paramètres bactériologiques	09
1.4.4.1	Coliformes fécaux	09
1.4.4.2	Streptocoques fécaux	09
1.4.4.3	Coliformes totaux	09
1.4.4.4	Germes totaux	09
1.5	Normes de rejet des eaux usées	09
1.5.1	Normes de l’OMS	09
1.5.2	Normes européenne	10
1.5.3	Normes algériennes	11
	Conclusion	12

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Introduction

2.1	Dépollution des eaux usées	16
2.2	Déférentes méthodes de dépollution	16
2.2.1	Méthodes biologiques	16
2.2.2	Méthodes chimiques	17
2.2.3	Méthodes physicochimiques	18
2.2.3.1	Coagulation	18
2.2.3.2	Floculation	19
2.2.3.3	Décantation	19
2.2.3.4	Flottation	19
2.2.3.5	Filtration	19
2.2.3.6	Traitement complémentaire	19

2.2.3.7 Neutralisation.....	19
2.2.3.8 Élimination des boues.....	19
2.3 Différents types de dépolluants	19
2.3.1 Dépolluants artificiels	19
2.3.2 Dépolluants d'origine naturelle	20
2.4 Station d'épuration	20
2.5 Traitement des eaux usées dans une station d'épuration.....	21
2.6 Différentes étapes de traitement des eaux usées dans une STEP	22
2.6.1Prétraitement	22
2.6.2Traitement primaire	23
2.6.2.1Décantation physique (naturelle)	23
2.6.2.2 Décantation physico-chimique	24
2.6.3 Traitement secondaire ou traitement biologique.....	25
2.6.3.1Boues activées	27
2.6.4 Décantation secondaire	28
2.6.5Traitement des boues	28
2.6.5.1Epaississement des boues	28
2.6.5.2Déshydratation mécanique	30
2.6.6Traitement tertiaire	30
2.6.6.1Traitement bactériologique par rayonnement UV	31
2.6.6.2Traitement par voie physico-chimique	31
2.7Traitement des eaux usées par l'argile	31
2.7.1Définition de l'argile	31
2.7.2Types d'argiles	32
2.7.2.1 Argile verte	32
2.7.2.2 Argile rouge	32
2.7.2.3 Argile blanches ou argile kaolin	32
2.7.2.4Argile bentonite	33
2.7.2Propriétés de l'argile	33
2.7.3Pourquoi un traitement des eaux est nécessaire et urgent ?.....	34
Conclusion.....	35

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

Introduction	37
--------------------	----

3.1 Présentation de la station d'El Karma	37
3.1.1 Historique de la station El-Karma	37
3.1.2 Installations de la station d'el kerma	39
3.1.2.1 Description du procédé de traitement de la STEP.....	40
3.1.3By-pass général	46
3.1.3.1 Pompage et recirculation des boues en excès.....	46
3.1.3.2 Évacuation des boues en excès	47
3.2 Méthodologie.....	47
3.2.1 Echantillonnage des eaux usées et épurées.....	47
3.2.1.1Conditionnement des échantillons	47
3.2.1.2 Conservation des échantillons	47
3.2.2Analyse des paramètres physicochimiques de l'eau brute, épurée de la STEP	48
3.2.2.1Température	48
3.2.2.2Potentiel d'Hydrogène (pH).....	48
3.2.2.3 Conductivité	48
3.2.2.4 Demande chimique en oxygène (DCO).....	49
3.2.2.5 Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	49
3.2.2.6 Matières en suspension (MES)	50
3.2.2.7 Matières phosphorées (ortho phosphates PO ₄ ³⁻).....	51
3.2.2.8 Phosphore total	51
3.2.2.9 Matièresazotées (N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ , _{NT} , N-NO ₂ ⁻).....	51
3.2.3Traitement de l'eau usée et épurée de la STEP par la bentonite	52

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traitées

Introduction

4.1 Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons de la STEP.....	55
4.1.1 Potentiel d'Hydrogène	55
4.1.2 Conductivité électrique.....	55
4.1.3 Matières en Suspension.....	55
4.1.4 Demande biochimique en oxygène durant 5 jours.....	56
4.1.5 Demande chimique en oxygène.....	57
4.1.6 Ammonium.....	57
4.1.7 Nitrates.....	58
4.2 Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons traitées	58
4.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)	58

4.2.2	Conductivité	59
4.2.3	Demande chimique en oxygène (DCO)	60
4.2.4	Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	61
4.3	Détermination des rendements épuratoires de la STEP	
4.3.1	Détermination des Rendement de MES.....	63
4.3.2	Détermination des Rendement de la DCO.....	63
4.3.3	Détermination des Rendement de la DBO ₅	63
4.3.4	Biodégradabilité K.....	64
4.4	Détermination de rendement	64
4.4.1	Rendement de DCO	64
4.4.2	Rendement de la DBO ₅	65
	Conclusion	66
	Annex	

Introduction générale

Introduction générale

Les eaux usées sont les eaux qui à la suite de leurs utilisations domestiques, commerciales ou industrielles sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles seraient déversées. C'est pourquoi, dans un souci de protection des milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain ou privé.

Le traitement des eaux usées occupe une place importante dans les soucis environnementaux de notre pays, car les rejets d'eaux résiduaires ont fortement évolué en quantité et qualité depuis quelques décennies. C'est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation.

L'objectif des traitements, est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement et face à tous les problèmes que connaît notre pays en matière d'assainissement et de gestion des stations d'épuration, le recours à d'autres techniques d'épuration, moins coûteuses et plus simples à gérer est devenu incontournable, si l'on veut protéger les ressources en eau, la santé publique et sauvegarder les milieux récepteurs.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à traiter les eaux usées de la station El-Karma par l'emploi de deux types d'argile (Bentonite, Kaolin) comme adsorbants et clarifiants.

Notre mémoire débute par une introduction au thème ; il est réparti quatre chapitres. Le premier chapitre dresse un bilan de connaissances sur la pollution et les eaux usées. Le deuxième chapitre est relatif à la dépollution des eaux usées. Dans le troisième chapitre, nous définissons la zone d'étude « Station d'épuration El-Karma » et la méthodologie adoptée pour réussir certaines analyses physicochimiques des eaux brutes (à l'entrée de la STEP) et des eaux épurées (à la sortie de la STEP). Le quatrième chapitre discute les résultats des paramètres physicochimiques de l'eau usée, épurée et traitée par les deux argiles choisies au niveau du laboratoire de chimie de l'IMSI. Enfin une conclusion générale qui confirme le choix de la bentonite de l'ouest algérien par rapport au Kaolin de l'est algérien et les perspectives envisagées.

Chapitre 1
Revue bibliographique sur
La pollution et les eaux usées

Introduction

L'eau est une substance essentielle sur Terre, présentée sous différentes formes et classée sous différents types : eaux souterraines, eau de surface, eau de pluie, eau de mer et eau saumâtre.

La pollution de l'eau par les activités industrielles et agricoles constitue un sujet de préoccupation majeur de nos sociétés développées.

Les eaux usées de nos maisons sont évacuées dans l'égout par un réseau de canalisations complexe qui collecte parfois les eaux pluviales. Le réseau d'égouts se compose de plusieurs collecteurs et de plusieurs branchements avant de rejoindre la station d'épuration.

Le rôle d'une station d'épuration (STEP), fixe la diminution des matières organiques pour protéger l'environnement de la pollution, provenant de l'activité humaine sous la forme d'eaux usées.

1.2 Généralités sur la pollution

La révolution industrielle, avec le prodigieux développement des activités humaines s'est traduite par un accroissement et une diversification des pollutions qui constituent des menaces sérieuses pour l'équilibre futur de la biosphère, de l'hydrosphère, de l'atmosphère. Tout accroissement d'activité, de production, entraîne inévitablement une augmentation des déchets. S'ils ne sont pas recyclés, détruits ou mis définitivement hors circuit, des problèmes de pollution apparaissent. [1]

1.1.1 Définition de la pollution

La pollution de l'eau est un phénomène caractérisé par l'introduction, intentionnelle ou accidentelle, de substances chimiques, de matières organiques, de micro-organismes pathogènes, de nutriments en excès, de métaux lourds, de polluants radioactifs, de déchets solides ou d'autres contaminants dans les sources d'eau naturelles telles que les rivières, les lacs, les eaux souterraines et les océans.

Les conséquences de la pollution de l'eau sont multiples, comprenant la contamination de l'eau potable, la diminution de la biodiversité aquatique, la propagation de maladies d'origine hydrique, la destruction des habitats aquatiques, la détérioration des écosystèmes marins et la réduction des ressources en eau disponibles pour les activités humaines. [2]

1.1.2 Types de pollution

1.1.2.1 Pollution physique, qui résultent de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défibrage de bois, de tanneries). [3]

1.1.2.2 Pollution chimique, qui résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [4]

1.1.2.3 Pollution radioactive, qui sont occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire, plus les organismes sont sensibles aux rayonnements. [5]

1.1.2.4 Pollution minérale, qui est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex : plomb, cuivre, fer, zinc et mercure...etc.) [6]

1.1.2.5 Pollution thermique : Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, ...) ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) qui risque de diminuer jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. [4]

1.2 Classifications et origines des eaux usées

1.2.1 Définition de l'eau usée

Les eaux usées 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 pluie et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisances. [7]

1.2.2 Origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent essentiellement des activités humaines qui sont d'origine ; urbaine, industrielle ou agricole ainsi que les eaux des précipitations.

1.2.2.1 Eaux usées urbaines

Elles proviennent des activités humaines journalières : bains, excréments, préparation des aliments et loisirs. Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension [8]. Elles sont composées des eaux ménagères (eaux de lavabo, douche, baignoire, appareils ménagers...). A ces eaux fortement polluées, s'ajoutent des eaux moins polluées qui peuvent provenir des toitures, de drainage, de Cours, de sous-sol et garage. [9]

1.2.2.2 Eaux usées industrielles

Elles regroupent toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage et au transport...etc. De façon générale, elles se composent. [10]

- eaux de fabrication ;
- eaux des circuits de refroidissement ;
- eaux de lavage des sols et des machines ;
- rejets des services généraux.

La composition de ces eaux est liée à l'activité industrielle. Nous pouvons catégoriser les établissements industriels sur la base des secteurs d'activité industrielle de la classification SIC (Standard Industriel Classification) en les répartissant en neuf secteurs qui sont les: [11]

- industries de textile et du vêtement ;
- fabriques de pâtes et papiers
- raffineries de pétrole ;
- industries de la métallurgie primaire ;
- industries de chimie (organique et inorganique à l'exception des raffineries de pétrole;) ;
- industries de transformation du métal (métallurgie secondaire, machinerie, équipements électroniques, matériel de transport, instrument de mesure...etc.) ;
- industries agro-alimentaires ;
- industries de transformation du bois (scieries, fabrication de meubles, ...etc.).

1.2.2.3 Eaux usées agricoles

Ce sont des eaux polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement des :

- fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). [12]

1.2.2.4 Eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés les polluants atmosphériques, poussières, détritiques, 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 les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. [13]

1.4 Composition et caractéristiques des eaux usées

1.3.1 Composition des eaux usées

Les effluents d'eaux usées sont rejetés dans divers environnements tels que les lacs, les ruisseaux, les rivières, et les océans. Le contenu organique des eaux usées est constitué de matières fécales humaines, de protéines, de matières grasses, de matières végétales et des détergents. En plus de matières organiques, azotées ou phosphatées, elles peuvent contenir : [14]

1.3.1.1 Rejets industriels

- Métaux lourds (plomb, cadmium, nickel, mercure, ...)
- Polychlorobiphényle (PCB)
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- Micropolluants organiques

1.3.1.2 Rejets agricoles

- Nitrate (engrais)
- Phosphore (lisier.)
- Pesticides

1.3.1.3 Rejets domestiques

- Phosphore (lessive.)
- Matières organiques
- Substances médicamenteuses et cosmétiques

Tableau 1.1 : Concentrations des différents paramètres.

Constituants	Concentration en mg/l		
	Forte	Moyenne	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous	850	50	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	06
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	10

1.4 Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyse parmi lesquelles, on peut citer[15] :

1.4.1 Paramètres physiques

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels.

1.4.1.1 Température : C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais Qui devrait être plus souvent mesuré surtout dans le cas de rejets industriels dans le réseau. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible à des températures trop élevées, ainsi tout rejet doit être inférieur à 30°C. [16]

1.4.1.2 Matières en suspension (MES) : Il s'agit de matières non solubilisées, exprimées en mg/l. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales [17]. Dans une eau usée urbaine, près de 50% de la pollution organique se trouve sous forme de MES. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables, il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas. La composition de MES peut être appréciée par analyse directe ; plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. Les erreurs sur les valeurs résultantes sont alors élevées. [18]

Turbidité : La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés : argile limons, grains de silice, matières organiques, etc. Sa mesure a un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes [19].

1.4.1.3 Potentiel hydrogène (pH) : Le pH joue un rôle important dans le traitement Biologique. Il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle [20].

1.4.1.4 Conductivité électrique (CE) : Elle exprime la capacité d'un matériau de conduire le courant électrique. Dans les cas des métaux, c'est le mouvement des électrons qui assure le passage du courant. Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions qui effectuent le transport des charges. Les ions résultent de la dissolution de sels, acides et bases. Plus le liquide ne contient d'ions, mieux il conduit le courant [21]. La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure en ms.-1 ou ms.cm-1 (micro ou milli siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre.

1.4.2 Paramètres chimiques

1.4.2.1 Demande chimique en oxygène (DCO) : Elle représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'effluent ; elle est exprimée en mg/l, il s'agit de l'oxydation par un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et à l'ébullition, des matières oxydables en présence de sulfate d'argent (catalyseur d'oxydation) et de sulfate de mercure. [22]

1.4.2.2 Demande biologique en oxygène (DBO5) : C'est la quantité d'oxygène en mg/l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée. [23]

1.4.2.3 Azote total (NT) : C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote Kjeldahl et l'azote des formes oxydées (NO_2^- , NO_3^-) [24]. Il est exprimé en mg/l.

1.4.2.4 Phosphore total (PT) : Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation, se trouvent sous formes : ortho phosphates solubles $PO_4H_2^-$; poly phosphates qui ont tendance à s'hydrolyser en orthophosphates;phosphore non dissous. Leur somme constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie. [25]

1.4.2.5 Métaux lourds : présents dans les eaux usées urbaines à l'état de traces. Des concentrations élevées sont révélatrices d'un rejet industriel, sans aucun doute. Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes, donc ils perturbent le processus d'épuration biologique [29].

1.4.3 Paramètres organoleptiques

1.4.3.1 Odeur : L'eau d'égout fraîche à une odeur fade, désagréable, par contre en état de Fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde. [26]

1.4.3.2 Couleur : La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (éléments Métalliques, matières humiques, micro-organismes liés à un épisode d'eutrophisation...), soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible. [27]

1.4.4 Paramètres bactériologiques (Indices de contamination fécale)

Ils sont constitués de microorganismes (bactéries, virus, algues, protozoaire etc..) et d'organismes supérieurs (vers et insectes) [28]. Les groupes principaux sont :

1.4.4.1 Coliformes fécaux : Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau et devrait en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins important de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est Escherichia coli.

1.4.4.2 Streptocoques fécaux : Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses.

1.4.4.3 Coliformes totaux : Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels. Les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau ne présentera un risque pathogène.

1.4.4.4 Germes totaux : Leur concentration très importante dans l'eau peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique, par contre une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution.

1.5 Normes de rejet des eaux usées

1.5.1 Normes de l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans Le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale et sont adaptées aux pays en voie de développement. [29]

Tableau 1.2 : Normes internationales de rejets des eaux usées.

Paramètres	Norme (OMS)
pH	6.5-8.5
DBO	< 30mg/l
DCO	< 90 mg/l

MES	< 20 mg/l
NH ⁺ ₄	< 0.5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	< 1 mg/l
P ₂ O ₅	< 2 mg/l
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Incolore

1.5.2 Normes européennes

Une directive européenne relative aux eaux urbaines résiduaires a été adoptée par le Conseil des Ministres de la Commission Economique Européenne le 21 mai 1991. Cette directive réglemente les niveaux des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaine.

Tableau 1.3 : Normes européennes de rejet des eaux usées.

Paramètre	Normes	Unité
pH	5.5 <pH <9.5	-
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO₅	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour	mg/l
Plomb	0.1	g/l
Hydrocarbures totaux	05	g/jour

Composée phénoliques	05	g/jour
-----------------------------	----	--------

1.5.3 Normes algériennes

Les textes de la loi n° 05-12 du 04 Août 2005 relative à l'eau sont :

Art. 2.- Les objectifs assignés à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en eau visent à assurer :

-la préservation de la salubrité publique et la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques contre les risques de pollution à travers la collecte et l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles ainsi que des eaux pluviales et de ruissellement dans les zones urbaines.

Art. 4.- Les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique font partie du domaine public hydraulique naturel.

Art. 43.- conformément aux dispositions des articles 48 à 51 de la loi n° 03-10 du 19 Jomada El-Oula 1424 correspondants au 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, les milieux hydriques et les écosystèmes aquatiques doivent être protégés de toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages.

Art. 46.- Sont interdits :

-tout déversement ou rejet d'eaux usées e toute nature dans les puits, forages, galerie de captage, fontaines et abreuvoirs publics, oueds à sec et canaux.

Art. 52.- Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, à la possibilité d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

Art. 77.- Sont soumises au régime de la concession d'utilisation des ressources en eau, les opérations portant sur la réalisation d'infrastructures destinées à l'utilisation d'eaux---- usées épurées pour des usages agricoles individuels ou collectifs ou pour des usages industriels.

Art. 82.- Les cahiers de charges portant sur la concession d'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de certaines cultures ou l'arrosage d'espaces vert doit tenir compte des mesures préventives liées aux risques sanitaires et aux impacts sur l'environnement.

Art. 93.- Des aides et soutiens de toute nature peuvent être accordés aux personnes physiques ou morales, de droit public ou privé, qui initient et mettent en œuvre des opérations portant notamment sur l'utilisation des eaux usées épurées en vue de valoriser les eaux traitées.

Art. 130.- L'utilisation des eaux usées brutes pour l'irrigation est interdite. [30]

Tableau1.4 : Normes algériennes de rejet des eaux usées [31]

Paramètres	Valeur limite	Unité	Paramètres	Valeur limite	Unité
Température	30	°C	Huiles et Grasses	20	mg/l
pH	6.5 à 8.5	-	Hydrocarbures totaux	20	mg/l
MES	30	mg/l	Indice phénols	0.3	mg/l
DBO ₅	30	mg/l	Fluor et composés	15	mg/l
DCO	90	mg/l	Etain total	02	mg/l
Azote	30	mg/l	Composés organiques chlorés	05	mg/l
Phosphates	02	mg/l	Chrome total	01	mg/l
Phosphore total	10	mg/l	(*) Chrome III+	03	mg/l
Cyanures	0.5	mg/l	(*) Chrome VI+	0.1	mg/l
Aluminium	20	mg/l	(*) Solvants organiques	20	mg/l
Cadmium	0.05	mg/l	(*) Chlore actif	1.0	mg/l
Fer	20	mg/l	(*) PCB	0.001	mg/l
Manganèse	10	mg/l	(*) Détergents	2	mg/l
Mercure total	0.01	mg/l	(*) Tensioactifs anioniques	10	mg/l
Nickel total	02	mg/l			
Plomb total	10	mg/l			
Cuivre total	05	mg/l			
Zinc total	10	mg/l			

Conclusion

En conclusion, le traitement des eaux usées de différente origine est indispensable pour maintenir la santé environnementale et humaine et répondre aux exigences de réglementation. En éliminant les contaminants et en recyclant les ressources, nous préservons les écosystèmes aquatiques, réduisons les risques sanitaires et promovons une gestion durable de nos précieuses ressources en eau. Il est crucial de continuer à investir dans des technologies innovantes et à sensibiliser sur l'importance de ce processus pour assurer un avenir propre et viable pour tous.

Références bibliographiques du Chapitre1

[1] REOUNODJI, ALEXANDRE. (2015-2016). Evaluation de la gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi : Impacts environnementaux et sociaux. UNIVERSITE DE YAOUNDE I, FACULTE DES SCIENCES.

[2] « Nations environnement programme(UNEP). (2016). Freshwater pollution ».

[3]Vaillant J R, (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Paris, Edition,Eyrolles.

[4] « Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210 ».

[5]Faizî, M, (2009), Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement

[6]Raissi.O. (2005). Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduaires des stations d'épuration

[7] Dugniolle, H, « L'assainissement des eaux résiduaires domestiques », CSTC-revue n° 3-septembre, pp, 44-52, 1980.

[8] AZRO, Z. (2017). Thèse station d'épuration de Tiaret . Tiaret.

[9] Dr. Bendjelloul Meriem Optimisation des performances d'adsorption de déchets Lignocellulosiques par prétraitement et modification chimiques. Diplôme de magister.

[10] Dr. SAWADOGO Boukary. Traitement des eaux usées industrielles par des procédés Membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso. Thèse

[11]« Directive Européenne du 21 mai 1991(91-271-CEE) relative au traitement des eaux urbaines résiduaires » .

[12]« Grosclaude g.1999. L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p ».

[13]« Dugniolle H, (1980). L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC – revue n° 3-septembre, pp. 44-52 ».

[14] Dr. BENYEROU Djamila, «Epuraton et Réutilisation des eaux résiduaires », Master II, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF 2021

[15]MEKHALIF Faiza, « Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement», mémoire de magistère, université du 20 Aout 1955-Skikda, 2009

[16] Salim.Z, Lamia .G, Tahert .A, Kamel. D, (2002), Les extrémités négatives de l'utilisation des eaux usées traitées en agriculture, Séminaire Méditerranéen

[17] BOUTOUX J., 1993, Introduction à l'étude des eaux douce (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Qualité et santé. 2ème édition, CEBEDOC. Paris, 160-165p.

[18] « Épuraton biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition OPU, Alger162, p ».

[19]« Analyse de L'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.8ème édition. Edition DUNOD. Paris ».

[20]DALI H. ZOUAOUI K, Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. Mém .Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Uni d'Ouargla.68p.

[21] « Manns, R. « guide de mesure de conductivité », 2007, P7 à12 et 31 à 34 ».

[22]Rodier J. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8èmeEdition.Dunod, Paris 2005

[23] « 1992. Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, Canada. 537p ».

- [24]LEMLIKCHI Wahiba, « Élimination de la pollution des eaux industrielles par différentes procédés d'oxydation et de co-précipitation», thèse de doctorat, université Mouloud MAMMERI- Tizi-Ouzou, 2012
- [25] ZANTOU, H..LATBI, S « Processus de traitement des eaux usées dans la laiterie d'Arib, wilaya d'Ain defla », Mémoire de master, Université de khemis miliana, 2009.
- [26]« Epuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mém .ing. Génie rurale. Blida.132p ».
- [27]« Météorologie des eaux résiduaires. Ed. Cedebo. 135p ».
- [28] Silman, SY.,Tall, SP «Etude de réhabilitation de la station d'épuration de salyportudal», Projet de fin d'étude, Université cheikh anta Diop de dakar,2003
- [29]Rotbardt Alain,Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées. Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, Février 2011.
- [30] « JORADPN° 60, 2005 ».
- [31] « JORADP N° 41. (2012) ».

Chapitre 02
Dépollution des eaux usées

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Introduction

La dépollution des eaux usées est un enjeu environnemental crucial qui vise à protéger les ressources en eau et à préserver les écosystèmes aquatiques. Les eaux usées proviennent principalement des activités domestiques, industrielles, et contiennent divers polluants tels que des substances chimiques, des nutriments, des métaux lourds et des microorganismes pathogènes. Le traitement des eaux usées consiste en une série de processus physiques, chimiques et biologiques destinés à éliminer ou à réduire la concentration de ces polluants avant que l'eau ne soit rejetée dans l'environnement ou réutilisée. Les stations d'épuration jouent un rôle clé dans ce processus, en combinant diverses technologies et méthodes pour assurer une dépollution efficace qui sera essentielle pour garantir la disponibilité d'eau propre et saine pour les générations futures, ainsi que pour protéger la biodiversité aquatique et les écosystèmes naturels.

2.3 Dépollution des eaux usées

La dépollution est l'élimination des pollutions des différents compartiments (air, eau, sol), dans le but de rétablir une qualité sanitaire et écologique compatible avec une réutilisation des lieux et des compartiments pollués ou bien avec une restauration des écosystèmes. Les procédés de dépollution sont spécifiques à chaque type de polluant et à chaque compartiment. Ces procédés peuvent être intégrés dans des processus et des activités (Traitement des eaux usées, dépollution des DEEE, etc.) ou être employés ponctuellement, après une catastrophe ou une pollution accidentelle.

2.4 Différentes méthodes de dépollution

La dépollution des eaux usées repose sur une variété de méthodes qui peuvent être classées en trois catégories principales : les traitements physicochimiques, chimiques et biologiques. Chacune de ces méthodes permet d'éliminer ou de réduire différents types de contaminants présents dans l'eau.

2.4.1 Méthodes biologiques

Le traitement biologique des eaux usées est une méthode écologique et efficace visant à purifier l'eau avec des processus naturels. Cette technique implique la transformation des polluants organiques dissous et en suspension en : Biomasse et gaz émis (CO_2 , CH_4 , N_2 et SO_2), séparables des eaux traitées. Ces gaz peuvent ensuite être séparés des eaux traitées, garantissant ainsi une eau plus propre et moins polluée. De plus, il est conçu pour décomposer les substances polluantes dissoutes dans les effluents par l'action de micro-

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

organismes qui utilisent ces substances pour vivre et se reproduire avec les polluants comme nutriments ; et de cela ils purifient l'eau et contribuent à un écosystème aquatique propre.

Le MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) est un procédé biologique de traitement des polluants grâce à un système modulaire à cultures fixées (Le traitement biologique, 2009).

Le [traitement biologique des eaux usées](#) est effectué grâce à une série de processus importants qui ont en commun l'utilisation de microorganismes (bactéries) pour effectuer l'élimination des composants solubles dans l'eau. Ces microorganismes assimilent la matière organique et les nutriments (azote, phosphore) dissous dans l'eau usée pour leur propre croissance. Lorsqu'ils se reproduisent, ils s'agrègent entre eux et forment des flocules macroscopiques avec suffisamment de masse critique pour se décanter en un temps raisonnable. C'est l'un des traitements les plus répandus, non seulement dans le cas des eaux usées urbaines mais aussi en grande partie des eaux industrielles, de par sa simplicité et son faible coût économique d'exploitation. [1]

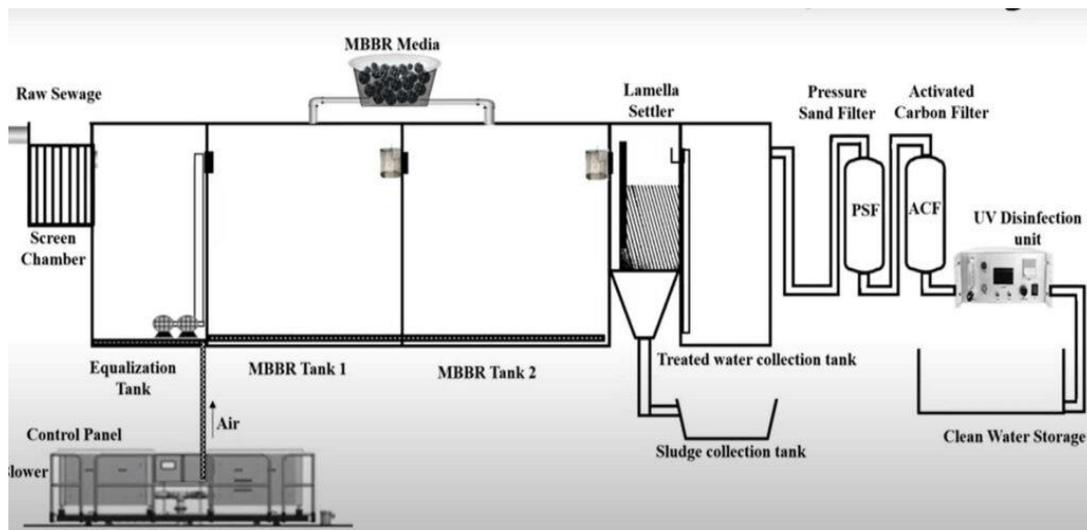


Figure 2.1 : Etapes de traitement biologique 2]

2.4.2 Méthodes chimiques

Les techniques d'oxydation chimique sont généralement appliquées quand les procédés biologiques sont inefficaces ; elles peuvent être ainsi utilisées en étape de prétraitement pour les procédés biologiques. L'oxydation chimique est souvent appliquée pour le traitement des eaux usées contenant des polluants non biodégradables et/ou toxiques et de fortes concentrations que les autres procédés ne peuvent pas traiter ou transformer en

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

produits biodégradables et/ou non toxiques. Ainsi, l'oxydation chimique se révèle un procédé efficace de traitement des eaux usées. On distingue :

- Les procédés d'oxydation avancée
- Les procédés classiques d'oxydation chimique basés sur l'ajout d'un agent oxydant dans la solution à traiter. Les principaux agents oxydants sont :
 - Cl_2 : représente un oxydant moyennement fort et est utilisé pour le traitement des eaux usées ou pour la désinfection comme l'ozone. En revanche, ils présentent l'inconvénient de produire des sous-produits halogénés cancérigènes pour l'homme
 - O_2 : considéré comme un oxydant modéré, le coût tolérable de ce procédé le rend fréquemment choisi ;
 - H_2O_2 : considéré parmi les oxydants les plus appropriés et les plus recommandés pour une grande variété de procédés, utilisé avec ou sans catalyseur. C'est un oxydant très fort qui a presque le même avantage que l'oxygène ou le peroxyde d'hydrogène. Le problème majeur lié à l'utilisation de cet oxydant est son instabilité, d'où la nécessité de production sur le site. Il a été observé que l'oxydation chimique avec l'un de ces oxydants n'est pas toujours efficace pour le traitement des polluants organiques persistants. Dans ce cas, on fait appel aux procédés d'oxydation avancée. [3]

2.4.3 Méthodes physicochimiques

L'objectif de ce traitement est de modifier les propriétés physiques des particules contaminants par l'ajout de produits chimiques (coagulant et floculant) afin de faciliter la formation de flocons et leur séparation ou élimination future de l'eau. Ces procédés nécessitent l'emploi d'importantes quantités de réactifs lesquels entraînent des coûts d'exploitation élevés. Par ailleurs, ils éliminent 40 à 65 % de la DBO_5 . Ce qui, en termes de performances, les place en dessous de la plupart des traitements biologiques. En revanche, dans le cas particulier où il est nécessaire de procéder à un dé phosphatation poussée, ce type de procédé est utile. [4]

2.2.3.1 Coagulation : Cette étape consiste à ajouter des coagulants chimiques, tels que des sels d'aluminium ou de fer, dans l'eau contaminée. Ces substances vont neutraliser les charges électriques des particules en suspension, favorisant leur agrégation en flocons plus

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

gros et plus lourds. L'eau est généralement agitée doucement durant cette phase pour faciliter le contact entre les coagulants et les particules.

2.2.3.2 Flocculation : Après la coagulation, l'eau passe par une phase de flocculation où l'agitation est plus intense pour permettre au micro floccs formés de se regrouper en floccs plus gros. Cela améliore la séparation des particules de l'eau par la suite.

2.2.3.3 Décantation : Les floccs formés, étant plus denses que l'eau, vont se déposer au fond d'un bassin de décantation par gravité. Un exemple de produit qui pourrait être utilisé dans cette phase est le "Décanteur Lamellaire" de KWI France, qui optimise l'espace et améliore l'efficacité de la séparation grâce à son système de plaques inclinées.

2.2.3.4 Flottation : Dans certains cas, au lieu de la décantation, une flottation à air dissous (DAF) peut être utilisée. Des bulles d'air sont injectées dans l'eau, se fixant aux floccs et les faisant remonter à la surface où ils peuvent être écrémés. Le système "XCORPIO" de Saler est un exemple de flotteur à air dissous pour grands débits.

2.2.3.5 Filtration : Après la séparation des floccs, l'eau peut encore contenir des particules fines. Des filtres de différents matériaux (sable, anthracite, tissus) sont utilisés pour retenir ces particules résiduelles.

2.2.3.6 Traitement complémentaire : Selon la nature des polluants, d'autres traitements chimiques peuvent être nécessaires par exemple, l'ajout de charbon actif peut adsorber des composés organiques, tandis que des oxydants comme le chlore ou l'ozone peuvent être utilisés pour désinfecter l'eau.

7. Neutralisation : Si le pH de l'eau traitée est trop acide ou basique, il peut être ajusté par l'ajout de substances neutralisantes telles que la soude ou l'acide chlorhydrique.

8. Élimination des boues : Les floccs et les particules retirés de l'eau forment des boues qui doivent être traitées séparément, souvent par déshydratation ou digestion anaérobie. (web2) [5]

2.3 Différents types de dépolluants

Il existe différents dépolluants soit des dépolluants naturels soit des dépolluants artificiels.

2.3.1 Dépolluants artificiels : On peut citer le charbon actif

Les charbons actifs sont de loin les adsorbants les plus fabriqués et utilisés industriellement. Ils ont diverses applications notamment dans les domaines de la purification de l'eau, et de l'air. Le pouvoir d'adsorption des charbons actifs est attribué à

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

la porosité, la surface spécifique, et les groupements fonctionnels de surface. Les caractéristiques des charbons actifs varient en fonction des précurseurs (matériau de départ) et de la méthode d'activation. Ils peuvent être présentés sous trois formes différentes : grains, poudre, ou fibre.

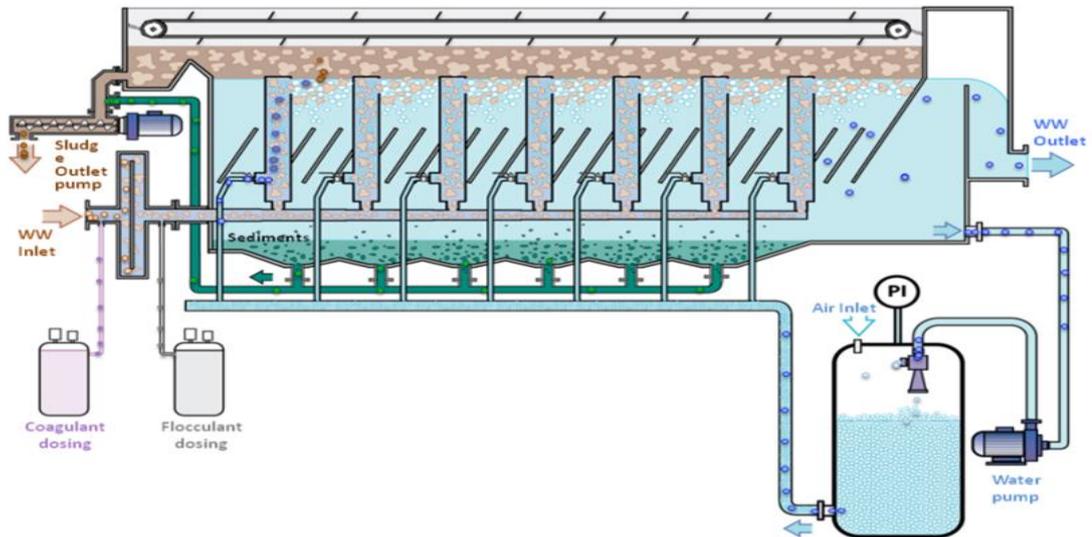


Figure 2.2 : Etapes traitements physico-chimique [6]

2.3.2 Dépolluants d'origine naturelle

Les biosorbants sont des squelettes organiques, constitués pour la plupart de polysaccharides. De formule brute générale $C_x (H_2O)_y$, les polysaccharides désignent une variété de polymères, initialement appelés hydrates de carbone, dont les principaux sont, par rapport à leur abondance dans la nature, cellulose, l'argile, la lignine, les tanins, les noyaux etc... les biosorbants sont disponibles généralement au niveau d'exploitations agricoles et des installations industrielles, notamment les industries agroalimentaires, du bois et de la pêche. [7]

2.7 Station d'épuration

Une station d'épuration est une installation qui a pour objectif d'assainir les eaux usées domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales avant de les rejeter dans le milieu naturel, généralement un cours d'eau. Pour ne pas polluer le milieu naturel, les eaux usées sont nettoyées de leurs nombreuses impuretés : matières solides, excréments, huiles et toutes substances dissoutes. Leur forte concentration rendrait impossible un rejet direct dans le milieu naturel sans générer une forte pollution.

Une station d'épuration est généralement située à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle va utiliser divers processus et dispositifs physiques et biochimiques pour dégrader les

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

matières organiques et les séparer de l'eau. Le résultat est une eau propre non potable mais de bonne qualité pour être absorbée par l'environnement sans nuisances. [8]

Traitement des eaux usées dans une station d'épuration

Le traitement des eaux usées comprend une combinaison de mesures physiques, chimiques et biologiques ayant pour finalité l'élimination des constituants des eaux usées. Les processus physiques permettent l'élimination de substances par l'utilisation de forces naturelles (c'est-à-dire la gravité), ainsi que des barrières physiques, telles que les filtres et les membranes ou rayons ultraviolets (UV), qui sont principalement utilisés pour la désinfection. L'utilisation de membranes augmente en raison de la grande qualité des effluents après le traitement et de l'élimination efficace des micropolluants organiques, qu'ils soient issus des pesticides, des produits pharmaceutiques ou des produits de soins personnels [9]. Les différents procédés d'épuration sont représentés sur la figure 2.3.

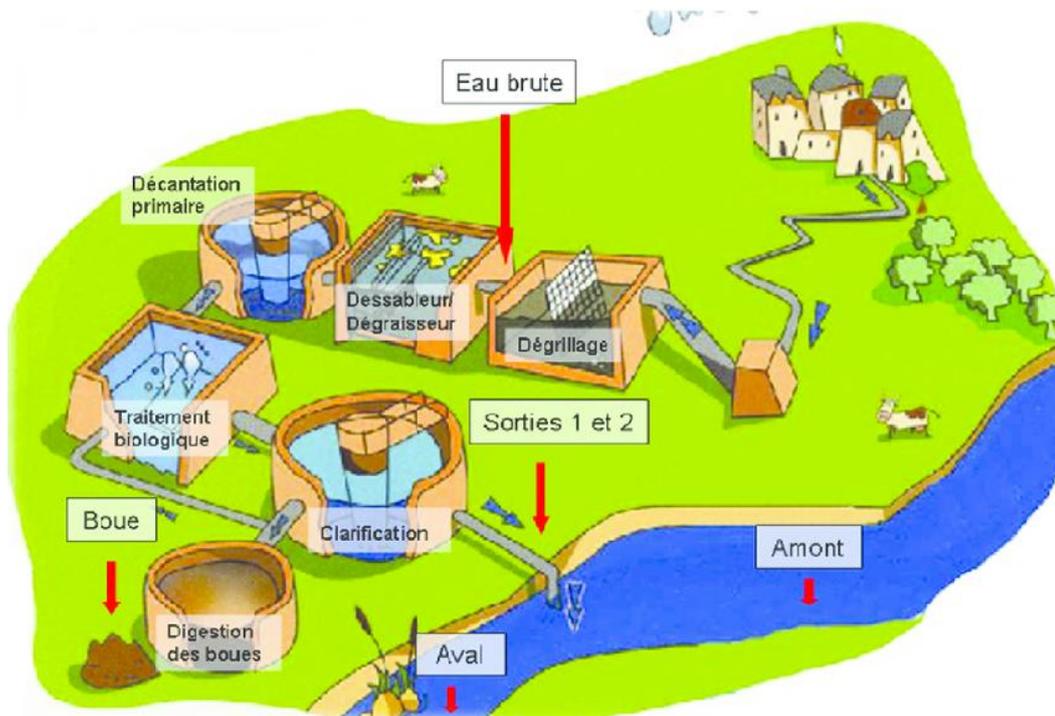


Figure. 2.3: Schéma de fonctionnement d'une station à boues activées.

Ainsi un système type de traitement d'eaux usées fait appel à une série de procédés unitaires. Ces procédés se divisent en quatre catégories : les prétraitements, les traitements primaires, les traitements secondaires et les traitements tertiaires. [10].

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

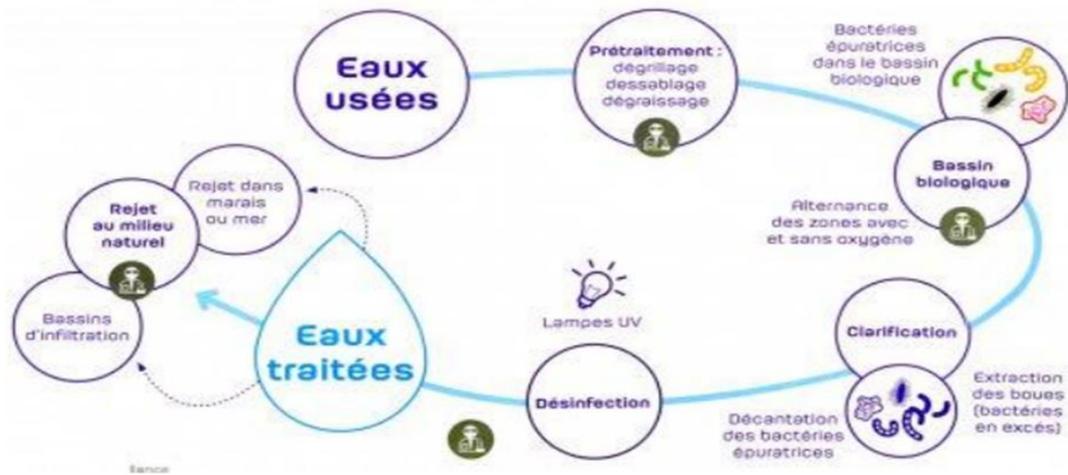


Figure.2.4: Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées [11]

2.8 Différentes étapes de traitement des eaux usées dans une STEP

2.8.1 Prétraitement

Le Prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement (fig. 2.5 ; tab. 2.1).

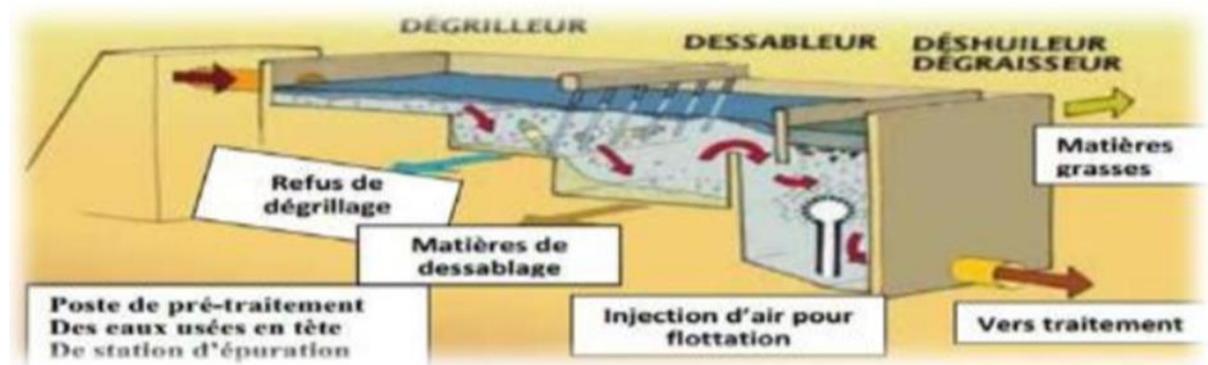


Figure.2.5 : Schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP

Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras.

Tableau 2.4 : Prétraitement d'une STEP. [12]

Prétraitement

Figure

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Dégrillage	Sert à éliminer les corps flottants et les gros déchets afin d'éviter les bouchages au niveau de différentes unités de l'installation	
Dessablage	Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. [13]	
Déshuilage et dégraissage	Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide. Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique. [14]	

2.8.2 Traitement primaire

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension

.. En utilisant des procédés physiques ou physico-chimiques visant la décantation poussée des matières en suspension dans l'eau. On distingue :

2.6.2.1 Décantation physique (naturelle)

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Les matières en suspension (MES) qui ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 à 90%) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures. Figure 9. Donc la décantation a pour but de :

- ❖ Retirer une fraction importante de la pollution organique et minérale.
- ❖ Alléger la charge du traitement biologique ultérieur.
- ❖ Réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologique par culture fixe.
- ❖ Eliminer 30 à 35 % de DBO5 et 60 à 70% de MES (eaux usées domestiques)

2.6.2.2 Décantation physico-chimique

Les performances de la décantation peuvent être ainsi améliorées par l'ajout des produits chimiques [12]. Dans l'eau brute, les colloïdes sont généralement chargés négativement et se repoussent mutuellement. Afin de neutraliser cette charge superficielle négative, on ajoute des cations qui forment une couche autour du colloïde favorisant le rapprochement des particules. C'est la coagulation. Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des floccs sont :

- ❖ Le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$
- ❖ L'aluminate de sodium $NaAlO_2$
- ❖ Le chlorure ferrique $FeCl_3, 6 H_2O$
- ❖ Le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3, 9 H_2O$
- ❖ Le sulfate ferreux $FeSO_4, 7 H_2O$

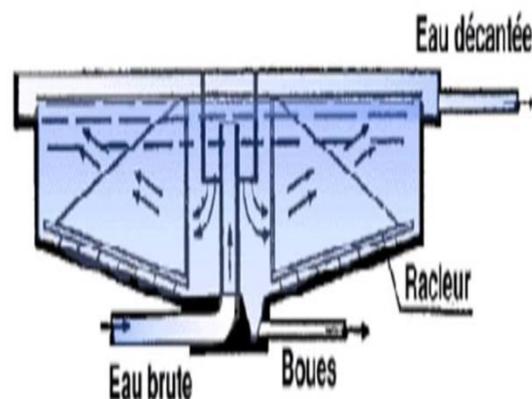


Fig. 2.6: Décanteur primaire [12]. Fig. 2.7 : Principe de fonctionnement de

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Décanteur.

2.6.3 Traitement secondaire ou traitement biologique

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matière organique présentes dans ces eaux et leur dégradation biologique par les micro-organismes [15]. Ils utilisent l'action de micro-organismes capables d'absorber ces matières. On a :

- ❖ Procédés à cultures fixes,
- ❖ Procédés à cultures Libre,

2.6.3.1 Boues activées : C'est l'un des procédés à culture libre les plus utilisés qui se caractérise de :

- **La charge massique (C_m) :** C'est le rapport de la charge en DBO_5 reçue sur la quantité de boues présente dans le bassin d'aération.

$$cm = \text{nourriture} / \text{boues} = \text{kg}DBO5 \text{ reçue} / (\text{kg}MVS \text{ (bassin d'aération)}) \quad I$$

Elle caractérise l'équilibre biologique du traitement. (Fiche d'exploitation, n°1, 2006).

- **La charge volumique (C_v) :** C'est le rapport de la charge en DBO_5 reçue sur le volume du bassin d'aération.

$$Cv = \text{kg } DBO5 \text{ reçue} / m^3 \text{ (bassin d'aération)}$$

C_v permet d'estimer la capacité du bassin d'aération. Des charges massiques et volumiques faibles témoignent d'un ratio nourriture/boues favorable à une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée. On distinguera ainsi 5 classes de boues activées :

Tableau.2.5 : Classes de boues activées [16]

	C_v	C_m
Aération prolongée	<0.36	<0.1
Faible charge	0.36 à 0.7	0.1 à 0.2
Moyenne charge	0.7 à 1.7	0.2 à 0.5

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Forte charge	1.7 à 3	0.5 à 1
Très forte charge	> 3	>1

2.8.3 Décantation secondaire

Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action d'aération et de clarification qui, sur le plan technique, forment une seule unité. La liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération, passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée. L'alimentation se fait au moyen d'une conduite en siphon surmontée au centre du bassin et d'une jupe de répartition. Le floc se sépare dans l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par sur verse dans une rigole périphérique. Le bassin de décantation de 6m de diamètre, est équipé d'un pont racleur muni de racleur de fond. Ramenant les boues sédimentées sur le radier de l'ouvrage vers la fosse centrale à boues, d'où ces dernières seront reprises par l'intermédiaire de tuyauteries vers la station de pompage, et d'un racleur de surface pour élimination des flottants

Traitement des boues

Le traitement des boues issues de la décantation clarification comporte deux étapes. [17]

- Un épaissement statique.
- Une déshydratation mécanique.

2.6.4.1 Epaissement des boues

Avant transfert en déshydratation, il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dans lebut essentiellement de traiter des plus faibles volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compacts. L'épaississeur n'est pas le "dépotoir" final du traitement de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement d'eau et la chaîne de traitement des boues. Son but est de :

- Soulager le traitement de l'eau en captant au maximum les boues produites par cette chaîne de traitement en lui restituant une sur verse peu chargée dite "claire"

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

afin d'éviter tous les stockages préjudiciables de boues dans les ouvrages de traitement d'eau.

- Fournir à la chaîne de traitement des boues un "produit" rassemblant le maximum de quantité tant en concentration qu'en fraîcheur afin d'assurer les conditions optimales de déshydratation.

L'épaisseur (fig. 2.8) doit être considéré comme un ouvrage à part entière remplissant les mêmes fonctions qu'un décanteur (qu'il soit primaire ou secondaire), c'est-à-dire qu'il réalise une séparation solide liquide. Les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage pour être refoulées vers la déshydratation à l'aide d'une pompe à vitesse variable afin d'ajuster le débit de boues à déshydrater.



Figure. 2.8: Epaisseur.

2.6.4.2 Déshydratation mécanique

Les boues épaissies sont d'abord flocculées avant d'être envoyées sur une bande presseuse, l'ajout de polymère en faible quantité est nécessaire afin d'améliorer la filtrabilité des boues.

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées



Figure. 2.9: Appareil de déshydratation.

2.8.4 Traitement tertiaire

Les traitements tertiaires permettent donc d'éliminer les substances non voulues pour répondre à un objectif de qualité prédéfini. Par exemple, lors d'une réutilisation en irrigation maraîchère (production de fruits et légumes sans traitement thermique industriel) il faut éliminer en priorité les pathogènes et garder des éléments nutritifs, alors que lors d'une réutilisation en milieu urbain ou pour une recharge de nappe, l'azote et le phosphore doivent être éliminés afin d'éviter tout risque d'eutrophisation. Dans la plupart des cas, la qualité d'eau requise pour une réutilisation des eaux usées traitées. [18]

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. Les traitements tertiaires comprennent les procédés destinés à enlever les matières résiduelles non extraites lors des traitements précédents. Les principaux traitements tertiaires sont le déphosphatation chimique, la filtration et la désinfection. [10]

2.6.5.1 Traitement bactériologique par rayonnement UV

La désinfection aux ultraviolets tend à se développer de façon plus intense car elle présente un certain nombre d'avantages comme des temps de contacts très courts, pas d'utilisation de produits chimiques, une bonne efficacité sur les bactéries et sur les virus.

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons U.V sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute réplication du matériel génétique et engendre leur mort. Il existe des lampes basses pression qui émettent des UV sur la longueur d'onde de 254 nm. Elles ont un rendement énergétique optimal (27 à 32 %), mais sont mal adaptées aux gros débits (grand nombre de lampes, nettoyage manuel...) ou à une dégradation de la qualité de l'eau brute. [19]

2.6.5.2 Traitement par voie physico-chimique

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants : Désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes). Neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants. [20]

2.7 Traitement des eaux usées par l'argile

2.7.1 Définition de l'argile

L'argile est une roche meuble, de dureté très faible, constituée de minéraux argileux accompagnés d'impuretés qui lui donnent des couleurs variées. Grace au toucher, elle est avide d'eau, imperméable. Lorsqu'elle se dessèche, elle diminue de volume et acquiert une certaine dureté. [21]

L'argile est essentiellement constituée de silicates d'alumine hydratés, dans lesquels sont imbriqués des éléments minéraux qui lui donnent sa coloration. Ces éléments présents en quantités réduites sont des oxydes d'alumine, de titane, de calcium, de magnésium, de potassium et de sodium. [22]

2.7.2 Types d'argiles

2.7.2.1 Argile verte

L'argile verte (fig. 2.10) est une roche volcanique **très absorbante** à forte teneur en minéraux qui est connue en soin cosmétique



Figure 2.10 : Argile verte (c).[23]

2.7.2.2 Argile rouge

L'argile rouge (fig. 2.11) est l'alliée **des peaux sensibles, réactives et fragiles**. Puisqu'elle est très riche en oligo-éléments et en minéraux comme la silice, le magnésium, le phosphore, le zinc ou le cuivre.



Figure 2.11 : Argile rouge.[23]

2.7.2.3 Argile blanches ou argile kaolin

L'argile blanche (fig. 2.12) proposée par Argile du Velay est extraite de carrières françaises et séchée et broyée de façon à en conserver toute la richesse en minéraux et les propriétés. Les vertus de l'argile blanche sont multiples et ses applications nombreuses



Figure. 2.12: Kaolin [24]

2.7.2.4 Argile bentonite

La bentonite (fig. 2.13) est une argile plastique très molle composée principalement de montmorillonite, un silicate d'aluminium hydraté appartenant au groupe des smectites et constitué de fines particules. La plupart des bentonites proviennent de l'érosion hydrique des cendres et roches volcaniques



Figure. 2.13 : Bentonite [25]

2.7.3 Propriétés de l'argile

Les argiles fixent l'eau par adsorption à leur surface et augmentent de volume par gonflement. Elles constituent ainsi une réserve d'eau. L'argile sèche développe une tension de succion importante pour l'eau qui peut s'opposer à celle des racines des plantes. Avec adjonction croissante d'eau, la tension de succion diminue, l'ensemble eau-argile devient plastique, puis visqueux et finalement les particules d'argile se dispersent dans l'eau en formant une solution colloïdale. L'argile imprégnée d'eau qui se dessèche se rétracte et se casse par des fentes de retrait. [26]

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

L'argile a le pouvoir de lier à elle les substances avec lesquelles elle entre en contact. Cette propriété est couramment utilisée pour purifier l'eau. Certains peuples d'Afrique utilisent cette propriété afin de purifier l'eau qu'ils puisent. L'argile mélangée à ce liquide fixe les impuretés. Lorsque le liquide est filtré, l'argile emporte avec elle les impuretés.

[23]

2.7.3 Pourquoi un traitement des eaux est nécessaire et urgent ?

L'importance du traitement des eaux usées est connue depuis l'antiquité romaine : à l'époque son but principal était de traiter les eaux issues de l'agriculture afin de diminuer les odeurs émises. Cependant, il a fallu attendre le XIXe siècle pour que l'épuration de l'eau devienne incontournable à la société. Les apparitions sporadiques des épidémies ayant été reliées aux bactéries présentes dans l'eau, les populations urbaines ont pris conscience que l'enjeu du traitement des eaux était fondamental. Peu après, les grandes villes ont aussi compris qu'il fallait réduire la quantité de polluants présents dans l'eau que l'on déversait dans l'environnement. Ce furent les premiers pas vers des contrôles plus stricts des eaux usées. Aujourd'hui ce contrôle est imposé par des législations au niveau européen aussi bien que national et le traitement des eaux usées est un enjeu majeur à la fois collectif mais aussi individuel. Le traitement des eaux usées permet donc à la population urbaine aussi bien que rurale de mieux contrôler son impact sur l'environnement. Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des polluants ou autres substances qui, même diluées, peuvent avoir un effet à long terme sur les milieux naturels. Traiter les eaux usées aujourd'hui a une visée aussi bien sanitaire qu'environnementale. Ces techniques tendent à être aussi rapprochées de la nature que possible, utilisant même dans certains cas des bassins d'épuration avec des plantes. Les législations européennes ont débuté sur le pied de la protection sanitaire – le but initial était donc d'empêcher que l'absence des traitements des eaux induisent des épidémies. Depuis, elles sont de plus en plus dédiées à la protection de l'environnement. Nous verrons dans la partie qui suit comment, et surtout quelles sont les conditions à respecter aujourd'hui pour pouvoir y arriver.

Conclusion

Le traitement des eaux usées est essentiel pour préserver notre environnement et assurer la santé publique. En purifiant les eaux contaminées avant de les rejeter dans la nature,

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

nous réduisons les risques pour la biodiversité et améliorons la qualité de vie des populations. Investir dans des technologies de traitement avancées est donc crucial pour un avenir durable et propre.

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

Références bibliographiques du Chapitre2

- [1] Tuset, S. (2024). Traitement biologique des eaux usées.
- [3] Hammami, S. (12 decembre 2008). S. Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Thèse Doctorat, Université Paris-Est et Tunis El Manar.
- [4] BERLAND, J.-M. (2014), Traitements physico-chimiques des eaux usées. Traitement des eaux résiduaires des agglomérations - Filières intensives .
- [6] //fr.wikipedia.org/wiki/Flottation
- [5] « Comment fonctionne la dépollution de l'eau par traitement physico-chimique ? France Environnement ».
- [7] BOUCETTA HADJIRA , HAMADA ABLA. (05/2016). Dépollution des eaux usées de la ville de Touggourt par l'argile de Blidet Amor (Kaolinite, Bentonite). Mémoire de fin d'études, Université Kasdi Merbah , Ouargla.
- [8] « Le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées. (2022, 03 22) ».
- [9] Liu, Z., Kanjo, Y., Mizutani, S. (2009). Removal mechanisms for endocrine disrupting compounds (EDCs) in wastewater treatment – Physical means, biodegradation, and chemical advanced oxidation.
- [10] Allaoui, K. (2009). Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées. mémoire de magister, Université Badji Mokhtar, d'état Hydraulique, Annaba.
- [11] « Une station d'épuration, comment ça marche. Académie de Poitiers ».
- [12] Kesbi, R. . (2016). Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchen.
- [13] Cherif, L. (2012). L'influence de la coagulation-floculation et décantation sur le prétraitement des eaux saumâtres. mémoire de master, Université de Tlemcen, d'état Hydraulique, Tlemcen.
- [14] DEGREMONT, S. (1978). Mémento technique de l'eau. Dans D. SA, & DEGREMONT (Éd.), Mémento technique de l'eau (éd. 8ème édition). Technique et Documentation Lavoisier.
- [15] Amadou, H. (2007). Modelisation du sechage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines. thèse de doctorat , 'Université Louis Pasteur, Sciences pour l'Ingénieur, Strasbourg.
- [16] Fiche d'exploitation, n°1. (2006). Quelques paramètres caractéristiques des boues activées.
- [17] ONDEO. (2001). degremont notice d'exploitation station Boumerdes.

Chapitre 2 : Dépollution des eaux usées

[18] Brice B., Guillaume L., Vincent D., Claire L., Julie M., et Mélanie P. (2014-2015). Les traitements tertiaires : Pour quoi faire ?STE 5.

[19] Solène M., David R., Milena S. (2013). Traitement des eaux usées CERES-ERTI. 24 rue Lhomond 75005 Paris.

[20] Allouche F., Lamri D., Zahf F. (1999). Surveillance de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbès,. mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Université de Sidi Bel Abbès, état en biologie, Sidi Bel Abbès.

[21] « Argile/Larousse ».

[22] Dextriet, R. (1973). L'argile qui guérit : memento de médecine naturelle. (É. d. harmonie, Éd.) Paris, France .

[23] <https://www.argiletz.com/categorie-produit/visage/>

[24] <https://blog-prochebio.fr/kaolin/>

[25] <https://www.imerys.com/fr/mineraux/bentonite>

[26] « MOREL R (1996),-Les sols cultivés.Lavosier, Paris ».

Chapitre03
Etude de la zone d'étude
STEP EL-KARMA

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

Introduction

Pour enrichir notre expérience nous avons réalisé notre stage au niveau de la station d'épuration des eaux usées urbaines « EL- KARMA » est relatif à l'analyse des paramètres physicochimiques des eaux usées, épurées et traitées par une argile naturelle « la bentonite » récoltée au niveau de l'ENOF/Unité de Maghnia. Le choix du lieu s'est révélé très intéressant et très enrichissant pour notre expérience professionnelle.

3.1 Présentation de la station d'El Karma

Le traitement des eaux usées, quel que soit le système choisi, fait toujours appel aux procédés de séparation liquide-solide réalisée au niveau d'une STEP. Nous nous intéressons particulièrement à la STEP « El-KARMA » de type boue activée où sont dirigées les eaux usées pour éliminer les différents polluants (fig. 3.1).



Figure 3.1 : Station d'épuration El-Karma.

3.1.1 Historique de la station El-Karma

La STEP El-KARMA, de capacité de traitement de 350 000 m³/jour, est considérée comme la plus grande station d'épuration des eaux usées en Algérie, opérationnelle depuis 2009 dans la wilaya d'Oran. Elle prend en charge les besoins d'épuration des eaux usées d'une population d'environ 1,5 million d'habitants. Sa gestion était confiée à une entreprise autrichienne pendant 02 ans. Pendant la période d'étude, une entreprise espagnole (SEOR) a pris le relais avec un personnel algérien qui est formé à un équipement hautement sophistiqué. Sa réalisation répond à un double objectif : élimination des eaux usées de toute la wilaya d'Oran (réutilisées en partie dans l'irrigation

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

de 10 000 ha du périmètre agricole de Tlellat (Notice d'exploitation STEP, 2006) et protection des nappes phréatiques de la région. Les eaux épurées sont rejetées dans la sebkha Oran. Dotée des caractéristiques suivantes :

- **Wilaya** : Oran, Commune : El Kerma
- **Zone géographique** : au sud de la wilaya
- **Région hydrographique** : au bord de la Sebkha d'Oran
- **Nom de la STEP** : station d'épuration du groupement urbain d'Oran
- **Agglomérations raccordées à la STEP** : partie d'Oran, Birr El Djir, Es Senia El Kerma
- **Nature des eaux usées** : Urbaine
- **Etat de la STEP** : exploitation
- **Débit d'eau usée** (tab. 3.1)

Tableau 3.1: Différents débits des eaux usées de la STEP d'El Karma
(Notice d'exploitation STEP, 2006)

Paramètre	Unité	Valeur
Equivalent Habitant	E.H	1 526 000
Débit moyen journalier	m ³ /j	270 096
Débit moyen horaire-temps sec	m ³ /h	11 254
Débit moyen horaire diurne	m ³ /h	15 006
Débit moyen horaire nocturne	m ³ /h	3751
Débit de pointe horaire-temps sec	m ³ /h	16 200
Débit de pointe-entrée biologique	m ³ /j	1500

- **Charge polluante** (tab. 2)

La station d'épuration El-Karma dispose d'un laboratoire d'analyses physicochimiques (fig. 3.2) qui lui permet de contrôler le procédé de traitement de l'eau et réaliser des interventions en cas d'anomalie ou de mauvais résultats des analyses effectuées.

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »



Figure 3.2 : Laboratoire de la STEP EL-KARMA.

Tableau 3.2 : Charge massique de différentes paramétrées physico-chimiques
(Notice d'exploitation STEP, 2006).

Paramètre	Valeur du paramètre		
	E.H/j	Kg/j	mg/l
MES	*****	96860	359
DBO ₅	60	91560	339
DCO	****	229910	848
N _{TOTAL}	11	16786	62
NTK	11	****	****
P _{TOTAL}	1.8	2746	****

3.1.2 Installations de la station d'el kerma

Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées d'Oran est l'aération à moyenne charge. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divisé parallèlement sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité du traitement.

3.1.2.1 Description du procédé de traitement de la STEP

La station d'épuration est prévue pour les eaux usées du groupement urbain d'Oran qui sont à prépondérance domestique. Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées d'Oran est l'aération à moyenne charge. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divisé parallèlement sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité du traitement, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station.

****Dégrillage fin****

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

Le dé grilleur fin (fig. 3.3) qui a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides, plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement, et ayant échappés au dégrillage grossier et d'assurer entre autres la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la STEP en permettant d'enlever les débris. Ce dé grilleur est doté de certaines caractéristiques (tab. 3.3) :

Tableau 3.3 : Caractéristiques du dégrilleur.

Dimensions	Valeur
Nombre de grille	4
Espacement entre barreaux (mm)	10
Largeur (m)	1.5
Angle d'inclinaison des dé grilleurs	75
Vitesse de passage maximale dans le canal (m/s)	1.20

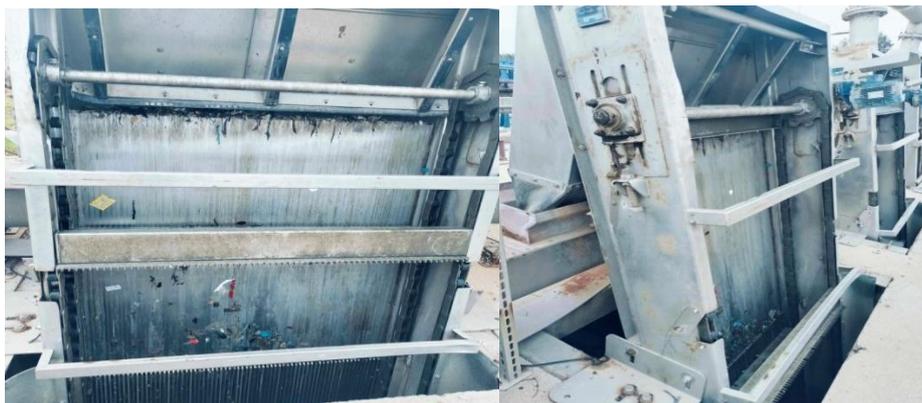


Figure 3.3 : Dégrilleur de la STEP El-KARMA.

****Dessablage-déshuilage****

Un chenal de sortie fait suite au poste de dégrillage en amenant les eaux dégrillées vers quatre chenaux de dessablage-déshuilage. Chaque dessableur-déshuileur (fig. 3.4) aura une longueur de 50m, exécuté en béton armé de section trapézoïdale avec un baffle ajouré, commun aux deux ouvrages et un autre étant pentu de la cote extérieure. Dans chaque chenal, un baffle à claire-voie s'installe parallèlement à l'axe principal qui délimite deux zones distinctes du point de vue fonctionnel.

- Zone turbulente de dessablage d'une largeur de 4.8 m (via l'action de bulles d'air)
- Zone calme pour le déshuilage d'une largeur de 2.00 m.

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »



Figure 3.4 : Dessableurs de la STEP EL-KARMA.

Cet apport d'air a pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées (matières organiques et autres en suspension) et assure une vitesse d'écoulement constante. Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie et les grains de sables ainsi décantés dans la fosse sont extraits par le système air lift. L'autre zone située à l'axe d'installation des rampes d'aire est séparée de la zone de dessablage par un baffle ajouré installé sur toute la longueur de l'ouvrage. Le mélange eau et sable sera transporté vers un calibre de sable situé à côté du dessableur. Le sable est asséché puis déchargé dans une benne. Un dessableur composé de 04 lignes est réalisé. Les dimensions d'une ligne sont : longueur (50m), largeur dessablage (4.8m), largeur déshuilage (2.0 m) et Profondeur utile dessablage(4.6m).

Le temps de séjour dans le dessablage-déshuilage correspondant au débit hydraulique maximal est environ 15 min. Le taux de séparation des granules de 150 μm sera donc de l'ordre de 95%.

****Décantation primaire****

Les troubles provenant du traitement des boues sont envoyés après le dessablage-déshuilage. L'eau usée coule ensuite vers un décanteur primaire (fig. 3.5). Une partie de MES se dépose et réduit donc la charge massique de DBO_5 et DCO. Quatre décanteurs primaires (de diamètre 48.9m et de hauteur d'eau moyenne de 2.56m chacun) sont prévus, équipés de ponts racleurs et sont dimensionnés sur une charge hydraulique de 1,5 m/h. Les eaux à la sortie des décanteurs sont dirigées vers deux puisards communs où seront également collectées les boues de retour des décanteurs secondaires. Le taux d'élimination estimatif dans la décantation primaire est : DBO_5 (33%), DCO (29%) et MES (63%).

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »



Figure 3.5 : Décanteur primaire.

****Bassin à boue activée****

Afin d'assurer les objectifs de traitement, un traitement par boue activée à moyenne charge est prévu. Cette charge est calculée sur la masse totale de boue présente dans le bassin d'aération et permet de parvenir aux objectifs de rejet, dont la réduction de la pollution azotée en période d'été par la mise en place de la nitrification. Le traitement à boue activée est composé de 04 bassins en béton

- Nombre d'ouvrage : 04
- Volume d'un bassin : 10584 m³
- Charge massique des boues : 0,35Kg DBO5/ (Kg MES*j)
- Nombre de cascades pour ouvrage : 4

L'alimentation des bassins d'aération est réalisée par une conduite en béton débouchant dans un canal de répartition situé en amont. Dans le cas où un bassin est hors service, les eaux sont distribuées vers les trois autres bassins en service. Les bassins d'aération sont équipés d'aérateurs de surface de type à axe vertical et à vitesse de rotation lente. Chaque aérateur est monté sur une passerelle en béton armé avec garde-corps. Les passerelles reposent sur quatre poteaux en béton armé. La vidange éventuelle des bassins d'aération, deux pompes sont prévues à la sortie des bassins. Le bassin d'aération est conçu pour assurer un brassage homogène de la boue, éviter les dépôts de MES et l'érosion du fond ou des parois de l'ouvrage.

Un compartiment de dégazage est collé à chaque bassin à boue activée, équipé d'un dispositif de rabattement des mousses. Les mousses peuvent être au besoin récupérées dans un puits de pompage et seront dirigées vers la déshydratation mécanique ou vers le puisard d'aspiration de la station de pompage de la boue de retour.

Les dimensions des bassins d'aération à boue activées (tab.3.4) sont de : Longueur (89.80m), de largeur (22.45m) et de Hauteur d'eau (5.25m). Pour que la capacité

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

d'aération puisse être adaptée aux besoins réels, les aérateurs de surface sont équipés de variateurs de vitesse qui sera tributaire de deux mesures d'oxygènes dissous.

L'émission aérosol est réduite par des jupes souples conçues en outre pour réduire la formation de mousse flottante. Les moteurs des turbines seront capotés pour limiter la nuisance sonore.

Tableau 3.4 : Dimension du bassin d'aération.

Dimensions	Valeurs
Nombre de bassin	04
Longueur au plan d'eau(m)	89,8
Largeur au plan d'eau	22,5
Hauteur d'eau(m)	5,25
Volume net unitaire (m ³)	10584
Volume net total (m ³)	42336

Pour assurer les objectifs classiques appliqués à cette station d'épuration à boue activée, le dimensionnement du bassin d'aération prendra généralement en compte les conditions de fonctionnement suivantes :

- Charge massique : 0,5 Kg DBO5/kg M.S.
- Concentration en boues activées : 4 g/l.
- Temps de séjour moyen : 2h30 min
- Age des boues : 2 à 4 j

****Décantation secondaire****

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration. L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boue concentrée et en eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le rendement. Le rôle de la décantation secondaire est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées (fig. 3.6). Il a été projeté de construire huit décanteurs secondaires circulaires. Entre ses deux groupes est situé l'ouvrage de répartition des décanteurs secondaire, équipé d'un canal central à déversoir bilatéral. Chaque canal débouchera dans un puits d'où partira la conduite d'alimentation du décanteur secondaire concerne. Le décanteur secondaire est de dimensions suivantes

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

:Nombre d'ouvrage (08), Diamètre (56,5m) et de Hauteur utile (à 2/3 du diamètre : 3,4 m).

Les boues décantées seront pompées dans un puits à boue commune pour chaque ensemble de 04 décanteurs secondaires et acheminées vers la station de pompage des boues de retour.

La boue surnageante produite est envoyée dans deux puits pour être également acheminée vers la déshydratation mécanique ou bien vers la station de pompage des boues de retour. L'eau claire des décanteurs secondaires s'écoule gravitairement vers le chenal de sortie de la station d'épurations.



Figure 3.6 :Décanteur secondaire de la STEP El-KARMA.

****Désinfection****

La désinfection des effluents a pour objectif principal améliorer la qualité bactériologique de l'effluent épuré afin de protéger la zone de rejet. Sur la base d'un temps de séjour de 30mn pour le débit de pointe du temps de pluie, le bassin de contact présente un volume utile de 7700 m³. Le bassin de contact est de type à chicanes et les dimensions suivantes :

- Nombre d'ouvrages : 2
- Longueur : 100m
- Largeur : 10m
- Hauteur d'eau : 4,05m.

****Décontamination****

À la fin, les eaux épurées de la station subiront un traitement de désinfection par le chlore gazeux. Le chlore, oxydant puissant, est un bactéricide utilisé pour la destruction de germes et algues rencontrés dans l'eau épurée. Cependant, l'effet rémanent étant limité dans le temps, donc, son dosage doit être suffisant pour réaliser les fonctions demandées sans toutefois être excessif, afin de limiter les effets non souhaités et les coûts

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

d'exploitation. Le chlore étant un gaz dangereux, le bâtiment abrite également une installation de sécurité qui en cas de fuite peut neutraliser une quantité importante de chlore. Le système de chloration est conçu pour l'utilisation de tanks de chlore et pour permettre un dosage équivalent à 5 mg/l. les eaux épurées à la sortie de la station d'épuration seront rejetées dans la grande sebkha.

3.1.2 By-pass général

En amont du dégrillage l'ouvrage d'entrée comprend deux déversoirs qui donnent sur un puits de départ du by-pass général. Le by-pass est opérationnel quand le niveau en amont du dégrilleur dépasse un seuil haut.

3.1.2.1 Pompage et recirculation des boues en excès

****Recirculation des boues****

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers deux fosses de pompage des boues de recirculation et des boues en excès (fig. 3.7). Pour assurer un traitement biologique efficace, il faut maintenir un taux de MES stables dans le bassin d'aération. Pour cela, il est nécessaire de faire recirculer une partie des boues qui sont extraites du décanteur secondaire vers l'entrée du bassin d'aération. Ses boues sont appelées boue de retour ou de recirculation.



Figure 3.7 : Fosse de pompage de boue.

3.1.2.2 Évacuation des boues en excès

La biomasse augmente quotidiennement, avec la qualité de pollution traitée. Il est donc nécessaire d'extraire régulièrement les boues excédentaires pour maintenir un taux de MES stables dans le bassin d'aération. Le volume de boue est envoyé, l'épaissement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur la conduite de refoulement des boues en excès. Il sera accompagné d'un transmetteur de signaux continus avec une sortie analogique qui transmettra ce signal au système de gestion de la station où sera

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

enregistrée également la valeur instantanée du débit et le cumul (totalité) des volumes des boues en excès.

La station est équipée d'un laboratoire de physicochimie, qui lui permet de surveiller la procédure de traitement de l'eau et d'effectuer des ajustements en cas d'anomalie ou de résultats défavorables. Deux prélèvements d'échantillons sont réalisés : eau à l'entrée et eau à la sortie de la STEP

3.2 Méthodologie

3.2.1 Echantillonnage des eaux usées et épurées

Des prises d'échantillons sont effectuées à l'entrée et à la sortie de la station par un dispositif d'échantillonnage fonctionnant de manière proportionnelle au débit. Ce préleveur assure pour une période de 24 heures un mélange d'échantillons représentatifs à l'entrée de la station EL Karma pour l'eau brute et à sa sortie pour l'eau épurée.

3.2.1.1 Conditionnement des échantillons

Il est préférable que le flacon d'échantillonnage soit fait d'une substance inerte (en plastique) qui n'interférera pas avec les analyses effectuées sur l'échantillon. Afin de réduire le risque de contamination, l'équipement doit être soigneusement nettoyé à l'eau et au détergent avant d'être rincé à l'eau échantillonnée et étiqueté.

3.2.1.2 Conservation des échantillons

La méthode la plus courante pour conserver les échantillons d'eaux usées est de les placer au réfrigérateur pendant 24H à une température comprise entre 0-4°C. Il est conseillé d'ajouter occasionnellement des conservateurs pour éviter des transformations spécifiques pendant le transport ou des interférences spécifiques au moment de l'analyse en laboratoire.

3.2.2 Analyse des paramètres physicochimiques de l'eau brute, épurée de la STEP

3.2.2.1 Température

La température occupe une place cruciale dans la nitrification et la dénitrification biologiques, ainsi que dans la solubilité des sels et en particulier des gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. Sa mesure est effectuée par un thermostat trempé

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

soigneusement dans la prise d'essai. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil après la stabilisation de thermostat.

3.2.2.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)

L'étalonnage étant réalisé, le pH-mètre ayant acquis son régime de démarche. Détacher l'électrode de son support. Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée et l'immerger dans l'échantillon. La lecture est effectuée après la stabilisation de la mesure (fig. 3.8).



Figure 3.8: Mesure du pH avec le pH-mètre.

3.2.2.3 Conductivité

La conductivité électrique d'une eau (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$) augmente avec la teneur en sels électrolysables dissous ; elle est lue directement sur le conductimètre (fig. 3.9).



Figure 3.9 : Mesure de la conductivité.

3.2.2.4 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO, paramètre important pour la détermination du rendement d'épuration, constitue un indice de qualité en traitement des eaux résiduelles. Il existe deux méthodes pour mesurer la DCO : méthode LCK et méthode classique, utilisée dans le laboratoire de la STEP)

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

Une cuve contient 2,5 ml d'échantillon. Il est additionné de 1,5 ml de solution de digestion et de 3,5 ml d'acide catalyseur. La cuve est placée au thermostat à 150°C pendant 2H pour être lue au spectrophotomètre (fig. 3.10).



Figure 3.10 : Cuve pendant la mise au digesteur thermostat (150°C Pd 2H).

3.2.2.5 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La détermination de la DBO₅ consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à température ambiante (20°C) pendant 5 jours, à l'aide d'un Oxyton et d'un incubateur réglé à 20°C. La valeur de la DBO₅ est enregistrée après 5 jours d'incubation (fig. 3.11).



Figure 3.11 : Oxytone

3.2.2.6 Matières en suspension (MES)

La présence de MES dans l'eau provoque sa turbidité. Pour son dosage, nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant de fibre de verre. Le filtre est séché à 105°C puis pesé après refroidissement (fig. 3.12). Le taux de MES exprimé en (mg/L) est estimé par l'expression : $MES = (M1 - M0) \times 1000 / V$

- MES : teneur en MES (mg/L)
- V : volume d'échantillon filtré
- M1 : poids plein du filtre (g)
- M0 : poids vide du filtre (g)

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »



Figure 3.12 : Détermination de MES.

3.2.2.7 Matières phosphorées (ortho phosphates PO_4^{3-})

Un phosphate est un produit chimique inorganique, un sel ou un ester de l'acide phosphorique. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphora molybdique qui réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue, susceptible d'un dosage colorimétrique. Certaines formes organiques peuvent être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho-phosphates. La teneur des ortho phosphates sera lue sur dans le thermo spectrophotomètre après 20min (fig. 3.13).



Figure 3.13: Détermination des ortho-phosphates par spectrophotométrie.

3.2.2.8 Phosphore total

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »

Le phosphore total est un élément indispensable pour le développement des micro-organismes en conséquence du processus d'épuration biologique. C'est un nutriment produit par l'eutrophisation des stagnants qui circulent à basse vitesse. Dans 25 ml d'eau on ajoute 0.1g de persulfate d'ammonium et 2 gouttes d'acide (H_2SO_4) et mis dans le thermostat à $120^{\circ}C$ pendant 30min. ensuite on ajoute 2ml de réactif combiné pendant 20min. La lecture est effectuée (fig. 3.14).



Figure 3.14: Détermination de phosphore total.

3.2.2.9 Matières azotées ($N-NH_4^+$, $N-NO_3$, $N-NO_2^-$)

Pour la détermination des matières azotées, nous avons appliqué la méthode avec réactif LCK. Les **nitrites** (NO_2) sont déterminés par ajout du réactif nitriVer3 dans 10 ml d'échantillon, puis on lit l'absorption des nitrites dans le thermo spectrophotomètre. Pour les **nitrites** (NO_2): la méthode consiste à pipeter soigneusement 1ml d'échantillon. Pipetez soigneusement 0.2ml de solution A. fermez la cuvette et homogénéisez-le tout en secouant 3 fois. Après 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuvette et évaluer à l'aide du spectrophotomètre DR 5000. L'**Ammoniaque** (NH_4): on verse 3 gouttes de stabilisateur minéral dans 25ml d'échantillon, puis on ajoute 3 gouttes d'alcool polyvinylique et 1 ml de réactif de Nessler, ensuite on lit l'absorption de l'ammoniac dans thermo spectrophotomètre DR3900. L'**azote total** (NT), est dosé par colorimétrie (en mg/l), à l'aide d'un spectrophotomètre (fig. 3.15).



Figure 3.15: Détermination des matières azotées par LCK.

3.2.3 Traitement de l'eau usée et épurée de la STEP par la bentonite

Les échantillons des eaux usées et épurées sont recueillis dans des bouteilles en plastique pour les analyses physico-chimiques. Pour les paramètres bactériologiques, on a utilisé des flacons en verre stérilisés à 120°C, pendant une heure. Les échantillons sont conservés dans une glacière à une température entre (3 et 5°C) afin de garantir leur intégrité. On a fait seulement deux prélèvements puis que la STEP était toujours en panne technique. Les analyses des paramètres microbiologiques et métalliques n'ont pas été réalisées malgré leur échantillonnage par manque d'appareillage et de réactifs au niveau du laboratoire de SEOR.

Les eaux usées et épurées échantillonnées de la STEP EL-KARMA sont traitées par deux types d'argile naturelle : la bentonite (originnaire de l'ENOF/Unité de Maghnia) et le Kaolin Tamazert (originnaire de l'est algérien/Mila) au niveau du laboratoire de chimie de l'IMSI de l'Université d'Oran2/MBA en date du : 21/03/2024 et 28.04.2024 (fig. 3.16).

Méthode : Une quantité de 2g de bentonite et 2g de kaolin sont dissoutes chacune dans 1 litre d'eau usée et 1 litre d'eau épurée. Les flacons subissent une agitation pendant 24H. Une fois les 24h écoulées, on procède à la filtration des échantillons. Tout d'abord on a réalisé une décantation d'eau agitée pendant 2 heures puis on a procédé à trois types de filtration : filtration à sable, filtration par centrifugation et filtration par des micro filtres (fig. 3.17).



Prélèvement
d'échantillon d'eau

Chapitre 3 : Etude de la zone d'étude « STEP EL-KERMA »



Pesage d'argile

Remplissage de l'eau brute et épurée

Début d'agitation d'eau usée et argile

Décantation d'eau agitée

Figure 3.16 : Prélèvement et traitement des eaux usées et épurées de la STEP.



Filtration à sable

Filtration par centrifugation nd 30mn.

Microfiltre à seringue

Figure 3.17 : Types de filtration des eaux usées et épurées.

Chapitre 4
Résultats d'analyses physico-
chimiques des échantillons traités

Introduction

Pour garantir des résultats représentatifs, les analyses doivent être effectuées dès que possible après l'échantillonnage. Quelques paramètres physico-chimiques de l'eau ne peuvent être mesurés que sur le terrain car les échantillons utilisés peuvent changer de valeur très rapidement. La plupart d'entre eux sont : les paramètres organoleptiques (couleur, odeur), la température de l'eau et son pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous. D'autres paramètres sont mesurés au laboratoire par exemple : les matières en suspension (MES), la demande chimique oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅), l'azote et le phosphore, qui sont spécifiques pour détermination de la pollution résiduelle.

4.1 Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons de la STEP

4.1.1 Potentiel d'Hydrogène

Les valeurs du pH des eaux brutes oscillent entre [7,37 - 7.88] avec une moyenne de 7.41 indiquant que les eaux sont faiblement alcalines. Une fois l'eau usée est épurée, son pH varie très peu et les valeurs sont comprises entre [7,64 – 7.87] avec une moyenne de 7.77 donc légèrement basique supérieure à celle de l'entrée. Ces valeurs restent conformes à la norme de rejet des eaux (JORADP, 2006) et à celles de FAO et de l'OMS relatives à leur réutilisation qui préconise une valeur variant de 6.5 à 8.5 (tab.4.1).

4.1.2 Conductivité électrique

Nous remarquons que la conductivité électrique des eaux brutes se confine à l'intervalle [2564- 2588] $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2579 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A la sortie de la station d'épuration ces valeurs diminuent légèrement entre [2550- 2662] $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2608 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats obtenus semblent inférieurs à la norme. Cette diminution à la sortie est expliquée par la décantation des sels minéraux au niveau des bassins de décantation (tab.4.1).

4.1.3 Matières en Suspension

La concentration de MES de l'eau brute à l'entrée est très importante, elle varie entre [204- 258] mg/l et une moyenne de 231.5 mg/l. Par contre, on remarque leur diminution considérable pour l'eau épurée sortante qui a une variation de [17-26] mg/l et une moyenne de 21.35 mg/l. On remarque une grande différence entre la courbe de l'amont et de l'aval, qui explique l'efficacité de traitement et le bon fonctionnement de la STEP en

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traités

cette période. Comparativement à la moyenne de la norme des rejets (30 mg/l), il y a eu des augmentations des rejets en janvier et février de l'année 2024. Cette hausse est le résultat du développement d'une abondance d'algues dans les bassins de décantation (tab.4.1).

4.1.4 Demande biochimique en oxygène durant 5 jours

La valeur du DBO₅ varie entre [339-366] mg/l avec une moyenne de 347.7 mg/l. Après l'épuration. Cette croissance en DBO₅ est exprimée par la forte charge organique, l'activité microbienne et la prolifération algale. Les concentrations de la DBO₅ diminuent pour atteindre des concentrations variantes entre [17.2-25.9] mg/l avec une moyenne de 21.35 mg/l donc les eaux épurées répondent donc aux normes des rejets (30 mg/l) en matière de demande biochimique en oxygène. Ceci nous permet de confirmer le bon fonctionnement de la STEP et l'efficacité du procédé de traitement (tab.4.1).

Tableau 4.1 : Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'El-Karma (Janvier- Avril 2024)

Paramètre		Janvier	Février	Mars	Avril	Moyenne	Norme
pH	Entrée	7.37	7.42	7.45	7.38	7.41	6.5-8.5
	Sortie	7.64	7.82	7.87	7.76	7.77	
MES(mg/l)	Entrée	231.6	232	204.3	258	231.47	30
	Sortie	18.3	17.2	25.9	24	21.35	
DBO ₅ (mg/l)	Entrée	339	365.2	320.7	366	347.72	40
	Sortie	11.7	11.6	16.9	15	13.8	
CE (µS/cm)	Entrée	2563.9	2587.7	2584.3	2578.8	2578.67	≤3000 µS/cm
	Sortie	2550.7	2661.9	2619.3	2600.9	2608.2	
DCO(mg/l)	Entrée	579.1	662.6	557.1	653	612.9	90
	Sortie	60.5	56.2	72.8	81	67.62	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	Entrée	05	18.6	37.30	20.50	20.35	40
	Sortie	0.98	18.3	32.60	37.40	22.32	
NO ₂ ⁻ (mg/l)	Entrée	0.1	0.1	0.13	0.2	0.13	≥01
	Sortie	0.6	0.7	0.7	0.4	0.6	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	Entrée	0.6	0.8	0.7	0.8	0.72	40
	Sortie	0.82	1.5	0.36	5.06	1.93	

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traités

4.1.5 Demande chimique en oxygène

En matière de DCO, les eaux usées renferment des quantités comprises entre [557-662] mg/l avec une moyenne de 613mg/l. Concernant les eaux épurées, les valeurs de la teneur en DCO varient entre [56.2-81] mg/l avec une moyenne de 67.6mg/l. Toutes les valeurs mesurées de la DCO en sortie de la STEP respectent la norme (90 mg/l)(tab. 4.1).

4.1.6 Ammonium

Entre les ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-) constituent une phase de transition. L'ammonium est converti en nitrites par des bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas*), processus appelé nitrification, consommant beaucoup d'oxygène. Même à de très faibles concentrations, les nitrates constituent une menace toxique pour la vie marine. Les concentrations des nitrites enregistrées de la station présentent des résultats conformes par rapport à la norme de rejet (≥ 1 mg/l) (tab. 4.1).

4.1.7 Nitrates

Les concentrations en nitrates enregistrées à l'entrée de la STEP, l'entrée varient entre 0.6 et 0.8 mg/l avec moyenne de 0.7 mg/l et la sortie est entre 0.36 et 5.06 mg/l avec moyenne de 1.93mg/l. Tous les résultats mesurés sont conformes à la norme de rejet (40 mg/l) pour la STEP, ceci confirme l'efficacité de traitement épuratoire (tab. 4.1).

4.2 Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons traités

Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques deux échantillons d'eau brute, d'eau épurée (échantillonnées en date du 21.03.24 et 23.04.24) issues de la STEP El-KARMA et d'eau traitée avec de la bentonite et du kaolin Tamazert au niveau du laboratoire de Chimie de l'IMSI dans un objectif bien déterminé qu'est l'utilisation de l'argile comme dépolluant naturel non onéreux, économique et accessible.

4.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

En analysant les résultats de la représentation graphique (figs. 4.1 ; 4.2), il est possible de remarquer une légère hausse du pH de l'eau épurée et une augmentation significative pour l'eau traitée. Le pH de l'eau épurée augmente légèrement en raison de la présence des algues qui ont produit une matière basique, tandis que l'augmentation significative du pH de l'eau traitée est causée par l'ajout d'un additif chimique pendant le traitement.

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traités

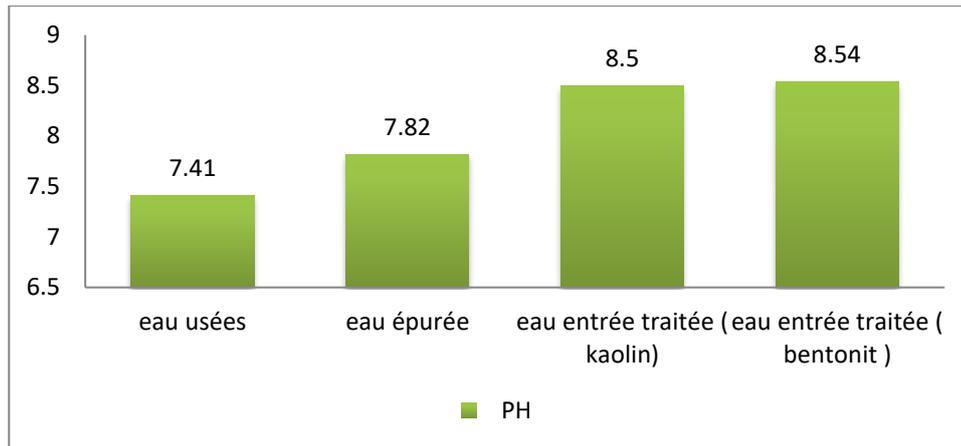


Figure 4.1 :Résultat d'analyse du pH de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrée)

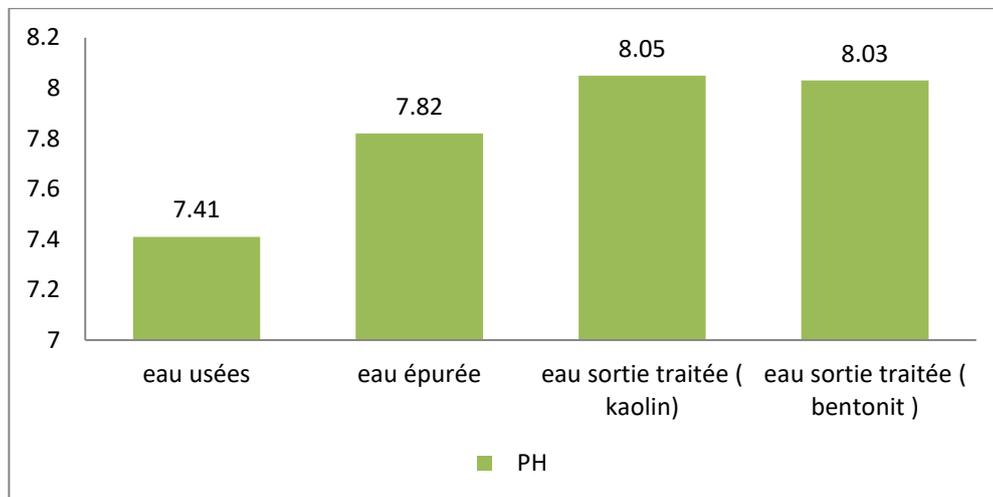


Figure 4.2 :Résultat d'analyse du pH de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie)

4.2.2 Conductivité

En analysant les figures 4.3 et 4.4, on observe une hausse de conductivité tant pour l'eau épurée que pour l'eau traitée par rapport à l'eau usée. La conductivité électrique augmente lorsque l'on ajoute un produit lors du traitement, comme un polymère à base de sels par exemple. Nous avons été confrontés à cette situation car l'argile utilisée (kaolin et bentonite) est composée de sels.

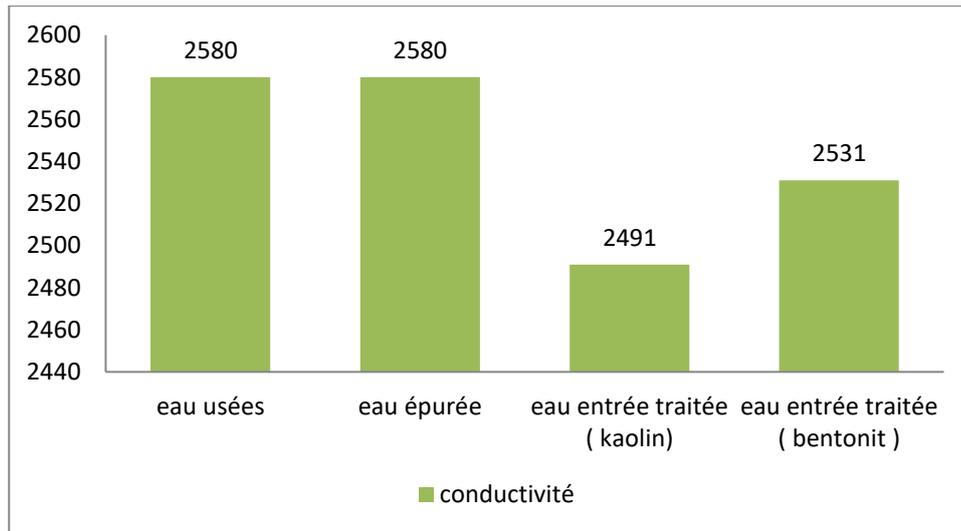


Figure 4.3 :Résultat d'analyse du CE de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrée)

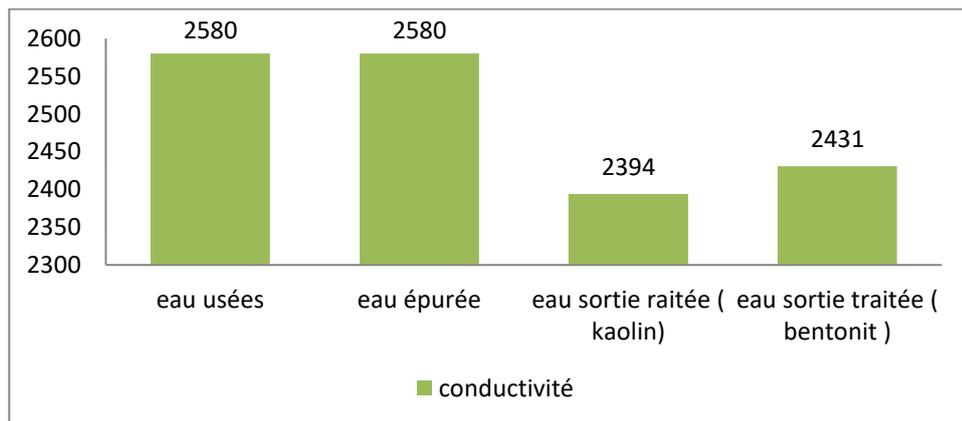


Figure 4.4 :Résultat d'analyse du CE de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie)

4.2.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

En analysant les figures 4.5 et 4.6, il est possible de constater une baisse tant pour l'eau épurée que pour l'eau traitée par rapport à l'eau usée. Lors du traitement de l'eau épurée, cette baisse significative est causée par l'élimination de tout produit, substance chimique ou métal avec la boue (phase de séparation boue-eau), tandis que pour l'eau traitée, cela est dû au phénomène de filtration qui élimine les substances toxiques et chimiques.

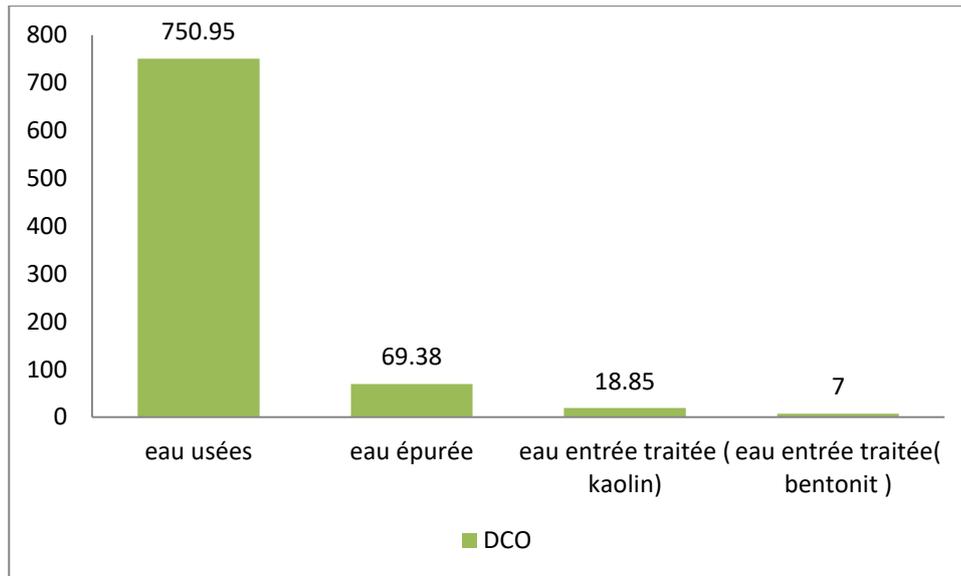


Figure 4.5 : Résultat d'analyse du DCO de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrée)

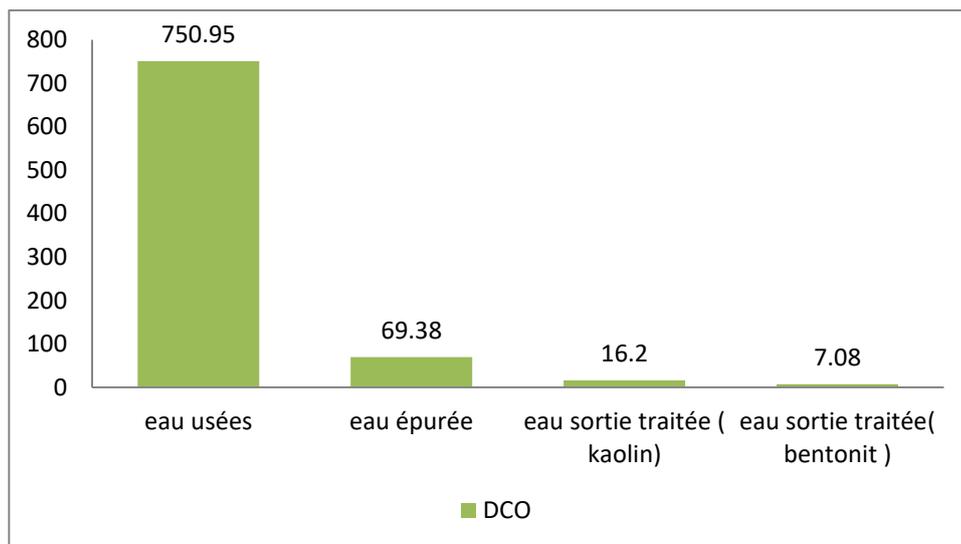


Figure 4.6 : Résultat d'analyse du DCO de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie)

4.2.4 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

En examinant les figures 4.7 et 4.8, il est évident qu'il y a une baisse significative de la DBO₅ tant pour l'eau épurée que pour l'eau traitée par rapport à l'eau usée. Les micro-organismes (bactéries) utilisent une quantité importante d'oxygène pour éliminer ou dégrader les matières organiques, ce qui entraîne une diminution significative.

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traités

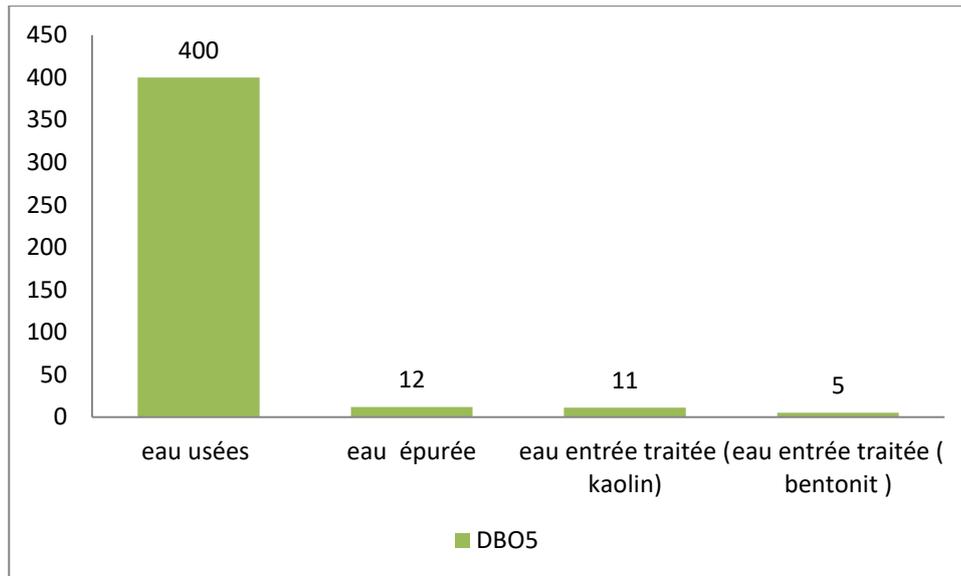


Figure 4.7 : Résultat d'analyse du DBO₅ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Entrée)

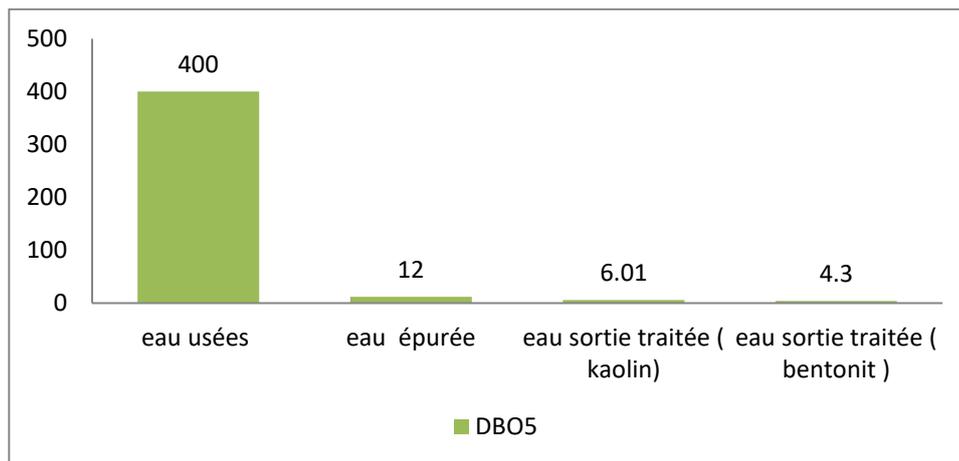


Figure 4.8 : Résultat d'analyse du DBO₅ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite et kaolin (Sortie).

Chapitre 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons traités

4.4 Détermination des rendements épuratoires de la STEP

Le pourcentage de réduction des trois principaux indicateurs de pollution de cette station DBO₅, DCO et MES sont mentionnés dans le tableau 4.2. Le rendement c'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue.

Tableau 4.2 : Rendements épuratoires.

Rendement	Janvier	Février	Mars	Avril	Moyenne
R (MES) %	91.7	92	85.8	90.3	89.95
R (DBO₅) %	96.4	96.8	93.7	95.7	95.65
R(DCO)%	89.2	90.5	85.7	87.1	88.12

4.3.1 Détermination des Rendement de MES

Selon le tableau 4.2, il est possible de constater que les valeurs de rendement d'élimination de MES dans la STEP varient de 85,8% à 92% avec une moyenne de 89.95%. Il est évident que la STEP d'EL-Karma présente un bon rendement épuratoire de MES, ce qui prouve qu'aucun souci n'est rencontré lors de l'épuration en cette période de l'année 2024.

4.3.2 Détermination des Rendement de la DCO

Selon le tableau 4.2, il est possible de constater que les valeurs de rendement d'élimination de DCO dans la STEP varient 85.7% à 90.5 % avec une moyenne de 88.12%. En général, le rendement épuratoire de la DCO est très bien.

4.3.3 Détermination des Rendement de la DBO₅

Selon le tableau 4.2, il est possible de constater que les valeurs de rendement d'élimination de DCO dans la STEP varient de 93.7 à 96.8% avec une moyenne de 95.65%. Le rendement épuratoire de la DBO₅ au niveau de la STEP est excellent dans sa globalité et nous permet de comprendre qu'aucun problème ne se pose au niveau du procédé d'épuration pour cette période de l'année 2024.

4.3.4 Biodégradabilité K

Ce rapport évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est-à-dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel. Elle est exprimée par un coefficient : $K = DCO/DBO_5$. Le tableau 4.3 nous renseigne sur les valeurs du coefficient et de l'état de biodégradabilité de l'effluent.

Tableau 4.3 : Coefficient de la biodégradabilité

Coefficient K	Appréciation
$K=1$	DCO=DBO ₅ l'effluent est complètement biodégradable
$1 < K < 1.5$	Effluent est biodégradable
$1.5 < K < 2.5$	Effluent est moyennement biodégradable
$k > 2.5$	Effluent n'est pas biodégradable

Les valeurs de la biodégradabilité K des eaux usées de la station El Karma varient entre 4.3 et 5.4 avec une moyenne de 4.92. Ceci peut montrer que les eaux usées durant cette durée ne sont pas biodégradables.

4.4 Détermination de rendement

4.4.1 Rendement de DCO

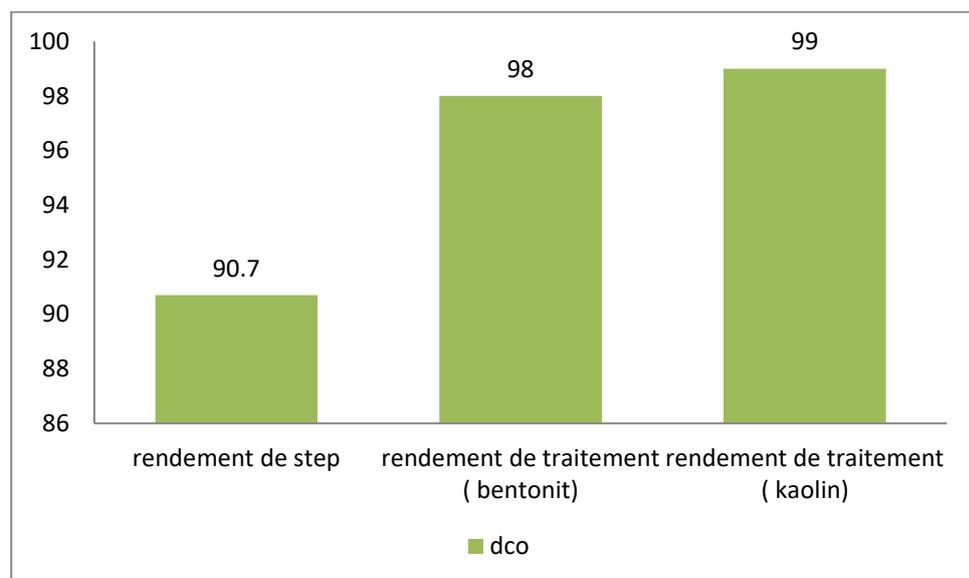


Figure 4.9 : Rendement de la DCO de l'eau épurée et traitée par Bentonite et Kaolin

4.3.2 Rendement de la DBO₅

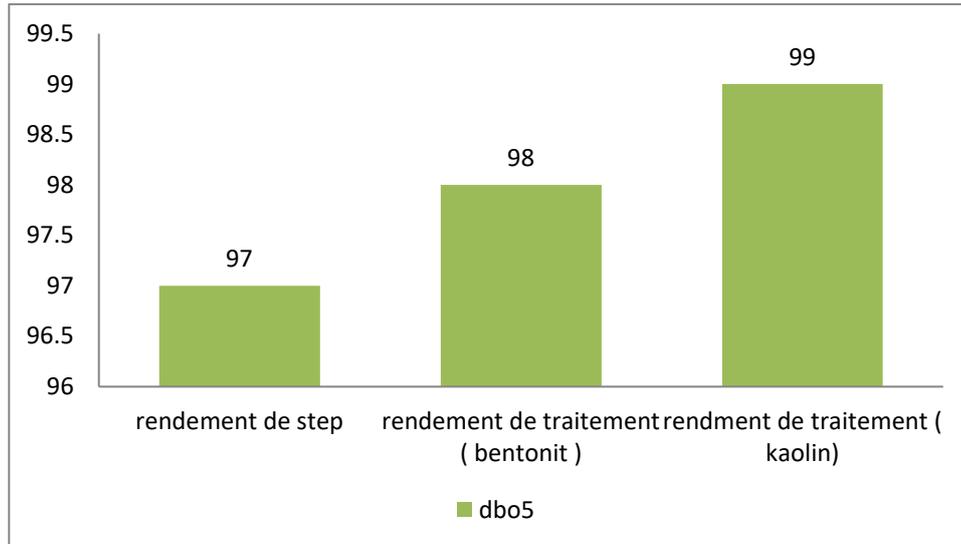


Figure 4.10 : Rendement de la DBO₅ de l'eau épurée et traitée par Bentonite et Kaolin

Conclusion

Les analyses physico-chimiques réalisées dans la station d'épuration El-KARMA sont nécessaires pour pouvoir évaluer l'efficacité de la STEP et avoir une idée générale de la performance de chaque processus de traitement.

Les résultats confirment les avantages des deux argiles (bentonite et kaolin) et donne un rendement meilleur que celui de la STEP d'El-Karma ; Elle remplace efficacement de nombreux produits chimiques.

En comparant les deux types d'argiles : bentonite (originaire de l'ouest algérien) et le kaolin Tamazert (originaire de l'est algérien), on remarque que la Bentonite est plus efficace et enregistre des résultats mieux importants que le Kaolin. Ceci nous permet à considérer cette eau, élément noble, qu'on doit protéger pour les générations futures et on peut dire que les argiles pourraient être des matériaux adsorbants alternatifs à la fois économiques et moins polluants

Conclusion générale

Conclusion générale

Différentes méthodes existent pour éliminer les pollutions des eaux usées, cependant les méthodes naturelles ne présentent pas de problèmes environnementaux car elles utilisent des matériaux naturels.

Ce travail consiste, à établir un traitement (par des procédés naturels en utilisant l'épuration par adsorption sur des argiles) pour les eaux usées de la STEP El Karma (Oran).

Nous avons utilisé deux types d'argiles (Bentonite et kaolin) qui sont plus attractifs économiquement dans le traitement des eaux usées, grâce à leurs propriétés intrinsèques, leur abondance et leur faible coût.

De notre travail nous constatons que l'utilisation des argiles, doit être sérieusement envisagée pour résoudre le problème des eaux usées sans avoir recours à des techniques très coûteuses et qui nécessitent des moyens de gestion et de maintenance très importantes.

Les résultats enregistrés des analyses des différents paramètres physicochimique (pH, DCO, DBO₅, Conductivité électrique, MES) de l'eau usée et épurée de 04 mois (janvier-avril) de l'année 2024 montrent et justifient la performance de la STEP El-Karma.

Deux autres prélèvements d'eau usée et épurée de la même STEP ont été effectués à deux dates différentes, le 21.03.2024 et le 23.04.2024, afin de comparer les résultats obtenus. Deux échantillons d'eau usée, épurée provenant de la station d'épuration et traitée avec de la bentonite et du kaolin, ont été analysés pour les paramètres physico-chimiques (pH, DCO, DBO₅, Conductivité électrique). Les résultats sont positifs et en accord avec les normes algériennes. Ces derniers ont montré une efficacité d'élimination de la matière organique, obtenus pour la DCO et la DBO₅ respectivement. Comparativement à la technique utilisée dans la STEP.

Nous recommandons l'approfondissement de cette étude par l'étude de l'influence d'autres paramètres.

Annexes

Annexes

Annexe (Méthodes et matériels)

Mesure de pH et conductivité	
Matériels	-pH mètre -conductimètre -les béchers
Mode opératoire	-Laver l'électrode de pH mètre à l'eau distillé - on descendre l'électrode de pH mètre dans le bécher qui contient une quantité d'eau usée et en lire directement le donné par le pH mètre -Même principe que la mesure de la conductivité

Mesure de DCO	
But	-détermination de la charge d'une eau usée à des fin de contrôle de fonctionnement de la STEP. - Contrôle de l'influence du rejet de la STEP sur la qualité de l'exutoire
Matériels	-Agitateur magnétique 230V. -Bécher 500ml . -Pipette jaugée classe A de 2.00ml . -Réacteur DCO 230V
Mode opératoire	-pendre 2.5ml d'échantillons . -Ajouter 1.5 ml de reactif de digestion. -Ajouter 3.5ml de reactif acide -Chaufer le au thermostat 150° /2h -Lire la valeur dans le spectromètre.

Mesure de DBO5	
Matériels	-DBO mètre -flacon d'incubation à bouchon rodés de 105 ml -enceinte réglable à 20°C -NaOH et barreau magnétique
Mode opératoire	- Introduire un volume d'eau à analyser (V) dans la bouteille de DBO mètre en fonction de la concentration de l'eau. - Mettre un barreau magnétique dans la bouteille. - Mettre dans le premier bouchon en on ajoute 2 plastique NaOH une pour absorber CO2. - Fermer la bouteille de la DBO mètre par le deuxième bouchon. - Laisse le DBO mètre sous une agitation magnétique pendant cinq jour

Annexes

Mesure de MES	
But	Mesurer le poids des matières flottantes en suspension et décantables contenues dans les eaux décantées et épurées, dans le but de contrôler le fonctionnement des bassins de décantation
Matériel	Etuve, papier filtre, balance de précision.
Mode opératoire	<p>Pour utilise la méthode papier filtre :</p> <ul style="list-style-type: none">-peser le papier filtre est vide-verser 100ml d'eau dans un dispositif de filtration-Mettre le papier filtre dans l'étuve à 105°C jusqu'à sécher et peser. <p>MES : la teneur en mg/l</p> <p>Expression des résultats :</p> <p>Le calcul de la teneur en MES (mg/l) est donne par l'expression suivent :</p> $\text{MES} = \frac{M2 - M1}{V} * 1000 \quad (\text{mg/l})$ <p>M1 : papier filtre est vide.</p> <p>M2 : papier filtre est pleine</p>