



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 غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de génie des procédés

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et Technologie

Filière: Génie Des Procédés

Spécialité: Génie chimique

Thème

**Utilisation de la chaux locale en traitement des eaux
usées**

Soutenue publiquement le : /06/2022

Par

BEDJADJ Nadjib

AZIZ Djamel

Devant le jury composé de:

Mr Z.E.A BENARIMA

M.C.B

Univ.Ghardaia

Examineur

Mme K. Moulai

M.A.A

Univ.Ghardaia

Examineur

M^{me} K.Bouamer

M.C.B

Univ.Ghardaia

Encadreur

Année universitaire : 2021/2022



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 غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de génie des procédés

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et Technologie

Filière: Génie Des Procédés

Spécialité: Génie chimique

Thème

**Utilisation de la chaux locale en traitement des eaux
usées**

Soutenue publiquement le : /06/2022

Par

BEDJADJ Nadjib

AZIZ Djamel

Devant le jury composé de:

Mr Z.E.A BENARIMA

M.C.B

Univ.Ghardaia

Examineur

Mme K. Moulai

M.A.A

Univ.Ghardaia

Examineur

M^{me} K.Bouamer

M.C.B

Univ.Ghardaia

Encadreur

Année universitaire : 2021/2022



Remerciements



Nous tenons, dans un premier temps, à remercier **ALLAH** qui nous avoir guidé vers ce chemin, et nous aidées beaucoup tout au long de nos années d'étude et pour finaliser ce mémoire.

Nous adressons notre profond remerciement à **MMe BOUMER KHIERA**, notre encadreur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux surtout pour membres de jury, qui ont bien accepté de juger notre travail et à **M. BOUCHERIA MOHAMMED** pour son accueil au laboratoire des travaux publics du sud et pour tout les autres service mécanique et chimique et pour **M. DERGAOUI HAMZA** qui était notre superviseur de stage et pour tout les travailleurs de l'organisation nationale de l'assainissement et Mr **M. Kaci** chef de STEP de Ghardaïa et pour le chef d'usine de la cahux Mr **O. BABEKER** et à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide de près ou de loin, par le fruit de leurs connaissances pendant toute la durée de notre parcours éducatif.

Nous remercions également madame **KHAN YASMINE**, madame **H. BEN ABDERAHMANE** pour son aide d'écriture ce manuscrit par le logiciel TEX et tous les enseignants de département de Génie de Procédée de notre université.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous



A decorative golden floral border with intricate scrollwork and leaf patterns surrounds the text.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père,

Ma très chère mère,

Mes très chers frères

Toute ma famille,

Mon entraîneur Sayade Djamel

*Et à tous mes amis (Marouf Adel, Laghrab
Djabere, Bedjadj NADJB, Zaatot Yalcin).*

*À tous mes professeurs pour mon parcours
académique « Hobbi Slimane, yahyawi Idris »*

AZIZ DJAMEL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes très chers parents, pour leur tendresse,
leur encouragement et leurs sacrifices, pour
l'espoir*

*Qu'ils ont semé en moi, qu'ils
Trouvent ici*

*L'expression de ma
Reconnaissance.*

*A mes frères «**Youcef, Edreis, Noureddine, Abdulrazzak**»*

*A mes sœurs «**Hanane, Zineb, Rokaia, Massouda, Yamina**»*

*A mon binôme «**Djamel**» avec lui
j'ai partagé le bon et les durs
moments*

A toute ma famille

*A tous mes amies que je connais
dans ma vie*

*«**Sid Ali , Brahim , Abd El Basset, Abd El Nasser**»*

Et toutes mes collectes de promo Génie chimique

*«**Adel, Dajber**» Amies pour Toujours*

*-**Bedjadj Nadjib**-*

Résumé

L'eau traitée de la station d'épuration de Keff-ElDukhan à Ghardaïa doit être utilisée si sa composition respecte les normes. Cependant, le traitement utilisé dans la station n'est qu'un traitement par lagunage qui doit être suivi d'autres méthodes d'amélioration. L'objectif de ces travaux est de contribuer au traitement tertiaire par la chaux locale. On a pris un échantillon de chaux vive. Pour déterminer ses propriétés, nous avons effectué des analyses physico-chimiques au laboratoire des travaux publics du sud, après cela, on utilise pour le traitement d'un échantillon d'eau usée de la station (STEP d'El-Atteuf). Ensuite, les paramètres physiques et chimiques ont été mesurés avant et après le traitement. Les résultats ont montré que le matériau chaux utilisée a réduit les paramètres suivants : pH , CE , OD , DBO_5 , DCO , Salinité .

Mots clés : Eau usées, traitement, Chaux, paramètres physico-chimiques, lagunage.

Abstract

Treated water from the Keff-ElDukhan wastewater disinfection station in Ghardaïa must be used if its composition meets the standards. However, the treatment used in the station is only a ventilation treatment which must be followed by other methods of improvement. The objective of this work is to contribute to the tertiary treatment by local lime. Where we took a quicklime sample. To determine its properties, we carried out physico-chemical analyzes at the public works laboratory in the south, after which we treated a sample of wastewater from the station (El-Atef) in Ghardaïa with lime. Then, the physical and chemical parameters were measured before and after the treatment.

The results showed that the lime material used reduced the following parameters : pH , CE , OD , DBO_5 , DCO , Salinity.

keywords : wastewater, treatment, lime, physical and chemical parameters, disinfection station

ملخص

مياه الصرف الصحي الصادرة عن محطة التنقية بكاف الدخان بغرداية لا يمكن استعمالها الا إذا كانت تخضع للمعايرة القياسية،

حيث ان المعالجة المطبقة ليست الا التهوية (lagunage) والتي يجب ان تتبع بطرق مكتملة أخرى.

الهدف من هذا العمل هو المساهمة بمعالجة ثالثة بواسطة الجير الحي. حيث تم أخذ عينة من المنطقة الصناعية بغرداية والتي اجرية

عليها بعض التحاليل في مخبر الأشغال العمومية لتحديد خصائصها الفيزيائية وكيميائية.

وبعد استعمال العينة في معالجة المياه أظهرت التحاليل قبل وبعد المعالجة فعاليتها في العوامل التالية: pH, OD,

.DBO₅,DCO,Salinité,CE

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف، المعالجة، الجير، العوامل الفيزيائية والكيميائية، محطة المعالجة.

Table des matières

| | |
|---|----------|
| Liste des figures | vii |
| Liste des tableaux | viii |
| Liste des abréviaions | ix |
| Introduction générale | 1 |
| 1 Généralités sur les eaux usées et leurs procedée de traitement | 3 |
| 1.1 Eau | 3 |
| 1.1.1 Moléculteur de H_2O | 3 |
| 1.1.2 Sources en eaux | 4 |
| 1.1.3 Cycle de l'eau | 4 |
| 1.2 Généralité sur les eaux usée | 6 |
| 1.2.1 Introduction | 6 |
| 1.2.2 Origine des eaux usées | 6 |
| 1.2.3 Impacts des eaux usées | 7 |
| 1.2.4 Systèmes de collecte des eaux usées | 8 |
| 1.2.5 Pollution des eaux usées | 9 |
| 1.2.6 Influence des eau usée sur les Paramètres organoleptiques | 11 |
| 1.3 Traitement des eaux usées (Épuration) | 13 |
| 1.3.1 Fonction des stations d'épuration | 13 |
| 1.3.2 Différents techniques d'épuration | 13 |
| 1.3.3 Traitement préliminaire | 14 |
| 1.3.4 Traitement secondaire biologiques | 16 |
| 1.3.5 Traitement tertiaire | 19 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.4 | Chaux | 22 |
| 1.4.1 | Réaction d'obtention de la chaux | 22 |
| 1.4.2 | Classifications de la chaux | 23 |
| 1.4.3 | Caractéristiques et propriétés de la chaux | 25 |
| 1.4.4 | Propriété de la chaux vive et chaux éteinte | 28 |
| 1.4.5 | Production de la chaux à l'échelle artisanale | 28 |
| 1.4.6 | Cycle de la chaux | 30 |
| 1.5 | Chaux dans Le traitement des eaux usées | 31 |
| 2 | Description de la Zone d'étude | 33 |
| 2.1 | Présentation de la Wilaya de Ghardaïa | 33 |
| 2.2 | Vallée du M'zab | 33 |
| 2.3 | Présentation de la station d'épuration d'EL-ATTEUF | 34 |
| 2.3.1 | Situation géographique | 34 |
| 2.3.2 | Caractéristiques de la STEP de Ghardaïa | 35 |
| 2.3.3 | Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa | 36 |
| 2.4 | Différentes étapes de traitement des eaux usées | 38 |
| 2.4.1 | Lagunage naturel | 38 |
| 2.5 | Prétraitement | 38 |
| 2.5.1 | Dégrillage/Dessablage | 39 |
| 2.5.2 | Ouvrage de répartition | 39 |
| 2.5.3 | Traitement primaire | 40 |
| 2.5.4 | Traitement secondaire | 40 |
| 2.5.5 | Traitement des boues | 40 |
| 2.5.6 | Lits de séchage | 41 |
| 2.6 | Evacuation des eaux traitées | 41 |
| 3 | Matérielles et Méthodes | 42 |
| 3.1 | Introduction | 42 |
| 3.2 | Chaux utilisée | 42 |
| 3.2.1 | Premier étape : Production de la chaux locale | 42 |
| 3.2.2 | Deuxième étape : Analyse granulométrique | 45 |
| 3.3 | Technique de prélèvement | 46 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1 | Traitement de l'échantillons par la chaux | 47 |
| 3.4 | Paramètre physico-chimique analysée | 48 |
| 3.5 | Conclusion | 50 |
| 4 | Résultat et discussion | 51 |
| 4.1 | Analyse physico-chimique | 51 |
| 4.1.1 | Oxygène Dissous (<i>OD</i>) | 51 |
| 4.2 | Conductivité électrique(<i>CE</i>) | 52 |
| 4.3 | Potentiel Hydrogène <i>pH</i> | 53 |
| 4.4 | Salinité | 54 |
| 4.5 | Demande chimique en oxygène (<i>DCO</i>) | 54 |
| 4.6 | Matière en suspension (<i>MES</i>) | 55 |
| 4.7 | Azote Ammoniacale (NH_4^+) | 56 |
| 4.8 | Nitrite (NO_2^-) | 57 |
| 4.9 | Nitrate(NO_3^-) | 58 |
| 4.10 | Demande Biologique en Oxygène en 5 jours <i>DBO₅</i> | 58 |
| 4.11 | Conclusion | 59 |
| | Conclusion générale | 60 |
| | Références bibliographiques | 65 |
| | A ANNEXE | 66 |

Table des figures

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | L'épuration des eaux usées par lagunage naturel | 18 |
| 1.2 | Schéma de classification de la chaux | 23 |
| 1.3 | Cycle de la chaux | 31 |
| 2.1 | Situation géographique de la STEP (Google earth, 2022) | 35 |
| 2.2 | Photo de la STEP(Google earth, 2013) | 35 |
| 2.3 | Vue aérienne de la STEP d'EL-ATTEUF(Google earth, 2022) | 36 |
| 2.4 | Rejet final vers oued M'Zab([1]) | 41 |
| 3.1 | Roche calcaire avant et après calcination (Photo originale) | 43 |
| 3.2 | Roche calcaire avant et après calcination (Photo originale) | 43 |
| 3.3 | Appareille de broyage (Photo originale) | 44 |
| 3.4 | Cycle de la chaux artisanale | 44 |
| 3.5 | Eau épurée utilisées (Photo originale) | 50 |
| 4.1 | Oxygene dissoudre | 52 |
| 4.2 | Variation de conductivitee | 53 |
| 4.3 | Variation de pH | 53 |
| 4.4 | Variation de Salinité | 54 |
| 4.5 | Variation de DCO | 55 |
| 4.6 | Variation de MES | 55 |
| 4.7 | Variation de NH_4^+ | 56 |
| 4.8 | Variation de NO_2^- | 57 |
| 4.9 | Variation de NO_3^- | 58 |
| 4.10 | Variation de DBO_5 | 59 |
| A.1 | Eau sortant de STEP keff –Eldoukhan | 66 |

| | | |
|-----|--|----|
| A.2 | Appareil : Conductivitémetre | 66 |
| A.3 | Determination de MES | 68 |
| A.4 | Protocole de détermination Nitrite NO_2^- | 68 |
| A.5 | Protocole de détermination de Azote Ammoniacale NH_4^+ | 68 |
| A.6 | Protocole de détermination de Nitrate NO_3^- | 69 |
| A.7 | Appareille de spectroscopmetre pour determiner DCO | 69 |
| A.8 | Usine artisanale de production de chaux | 69 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Comparaison entre chaux hydraulique et chaux éteint | 26 |
| 1.2 | Propriété de la chaux vive et chaux éteinte[2] | 28 |
| 2.1 | Vallée du M'Zab | 34 |
| 2.2 | Données de bases de la STEP [[1]] | 37 |
| 3.1 | Resultat des essais | 47 |
| 3.2 | Jour de prélèvement et paramètres à analyser | 47 |
| A.1 | Normes des effluents rejetés en Algérie | 67 |

Liste d'abréviation

| | |
|-----------------------------------|--|
| STEP | Station d'Épuration |
| MES | Matières En Suspension |
| DCO | Demande Chimique en Oxygène |
| DBO₅ | Demande Biologique en Oxygène en 5 jours |
| pH | Potentiel d'Hydrogène |
| CE | Conductivité Électrique |
| OD | Oxygène Dissous |
| EN | Normes Européennes |
| NH₄⁺ | Azote Ammoniacale |
| NO₂⁻ | Nitrite |
| NO₃⁻ | Nitrate |
| CaO | La chaux |
| NF | Norme française |
| Eq.ha | Équivalent par Habitant |
| % | Pourcentage |

Introduction générale

Les rejets provenant des utilisations domestiques et industrielles de l'eau qui contiennent de nombreux polluants, menacent l'environnement et de nombreux organismes. Les eaux usées sont des « eaux polluées » par l'utilisation humaine, et elles sont constituées de toutes les eaux susceptibles de polluer les milieux dans lesquels elles sont rejetées et qui constituent un danger pour l'environnement car elles s'écoulent quotidiennement soit dans les lacs et les rivières, soit en s'infiltrant dans les eaux souterraines des aquifères. Ces eaux traitées, il trouve d'autres usages, notamment dans le domaine agricole, C'est pourquoi de nombreuses stations d'épuration ont été construites en Algérie, qui traitent ces eaux afin de réduire ou d'éliminer cette pollution. Dans le cadre de notre étude, nous avons travaillé sur des échantillons d'eaux usées de Ghardaïa. Dans cette ville, il y a une station d'épuration située en aval à Kaf Dukhan dans la commune d'El-Atteuf. Les eaux usées entrants passent par un lagunage naturel sur différent bassin. Pour avoir une eau claire et utile, il faut suivre par un traitement tertiaire. Il existe de nombreux types de procédés de traitement des eaux usées. Et nous avons choisi le traitement par la chaux vive. En raison de la disponibilité de sa source et de sa facilité d'accès, nous avons utilisé la chaux locale produite par une usine traditionnelle située à environ 9 km de la station d'épuration de Kef El Dukhān à Ghardaïa. L'objectif de ce projet est d'augmenter et d'améliorer le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de la ville de Ghardaïa avec de la chaux vive locale pour être plus pure, notamment (*DCO*, *DBO₅*, *MES*, les matières azotées, le *pH*). Ce travail se compose de quatre chapitres après une introduction générale :

Le premier chapitre est consacré à la compilation d'une bibliographie sur cette recherche sur l'eau et les eaux usées, sa composition et sur l'épuration en général, des informations sur les travaux réalisés sur ce procédé homologué, et les propriétés de la chaux. Le deuxième chapitre est une présentation de la zone géographique d'étude : la station d'épuration de Kef-Eldukhan située à El-Atteuf en aval de la vallée. Le troisième

chapitre nous décrivons les méthodes expérimentaux et les matériels, ainsi que le dispositif expérimental utilisées pour la fabrication de la chaux locale suivi avec un traitement par ce dernière

Le quatrième chapitre regroupe tous les résultats qui seront suivis d'une discussion.

Et enfin notre travail est clôturé par une conclusion générale résumant les principales conclusions de mémoire.

Chapitre 1

Généralités sur les eaux usées et leurs procédée de traitement

Dans ce chapitre, nous présentons les notions générales sur les eaux, eaux usées et leur procédée de traitement. Ensuite des notions sur la chaux.

1.1 Eau

L'eau est vitale, nous l'utilisons tous les jours pour boire, cuisiner, prendre un bain, faire le ménage, laver le linge, tirer la chasse d'eau. L'eau de surface est un écosystème dominé par une communauté d'êtres vivants, qui établissent des relations et des interactions avec leur environnement. les eaux usée sont chargées de contaminants solubles ou insolubles, principalement du fait des activités humaines. Les eaux usées sont souvent un mélange de polluants. Pour cette raison, nous utilisons la chaux pour la purification et le dessalement, par un méthode de traitement bien préciser , permettant le traitement des eaux usées des maisons, des hôpitaux, des entreprises et des industries. Une fois purifiée, l'eau peut reprendre son cycle naturel.

1.1.1 Moléculteur de H_2O

L'eau est un corps composé, de formule chimique H_2O , elle est formée de deux atomes d'hydrogène et atome d'oxygène [3] :

- La molécule $H - O - H$ est coudée
- Angle de valence de 105°

- Distance internucléaire H-O = 0,958 Å.

1.1.2 Sources en eaux

L'eau est essentielle à l'être humain et une source vitale pour les mouvements des différents secteurs de l'économie. Les ressources en eau sont entièrement réparties dans l'espace et dans le temps et souffrent par une consommation excessive humaine. Il existe quatre sources principales de l'eau brute dans le monde :

Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont douces et bonnes pour la consommation. Ainsi, elles sont riches en oxygène et ne contiennent pas de sels solubles tels que le sel magnésium et calcium en quantités nocives [4].

Eaux de surfaces

C'est l'ensemble des masses d'eau courantes ou de l'eau stagnante en contact avec l'air. Selon l'endroit, cette eau peut être douce [4].

Eaux de souterraines

L'eau souterraine est emmagasinée dans des couches imperméables gardant sa qualité, bénéficiant d'une filtration naturelle au sol. Donc peu d'infections bactériennes [4].

Eaux de mer

Sont caractérisées par leur concentration élevée en sels dissous. Les eaux ne sont utilisées que s'il y a manqué d'eaux douces. Elles subissent alors une opération dite désalage [4].

1.1.3 Cycle de l'eau

L'eau circule sur Terre sous différentes formes : nuages, pluie, rivières et océans. Elle passera de la mer à l'atmosphère, de l'atmosphère à la terre puis de la terre à la mer, suivant un cycle qui se répète indéfiniment. Dans différents milieux aquatiques (lacs, rivières, mer et nappes souterraines [5]).

Le cycle de l'eau se décompose en plusieurs étapes :

1- Évaporation

Du fait de l'énergie solaire, les eaux des mers et océans s'échappent dans l'atmosphère, éliminant ses sels et impuretés. L'évaporation peut aussi venir de la terre, on parlera alors de évapotranspiration. C'est un phénomène qui se transforme l'eau en vapeur d'eau à partir des rivières, les lacs, les sols et surtout les plantes aquatiques. Cette vapeur d'eau s'accumule dans les nuages comme l'évaporation des océans[5].

2- Condensation

Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes d'eau, formant un nuage ressemblant à de la brume[5].

3- Précipitation

Les nuages se déplacent dans l'atmosphère à cause du vent, et en raison du changement climatique et de la gravité, les nuages sont plus lourds et tombent au sol sous forme d'eau de pluie, de grêle ou de neige[5].

4- Infiltration

L'eau qui ne s'infiltré pas dans le sol s'écoule des pentes et s'écoule dans les vallées, les rivières, les lacs, etc. Lorsque le sol est poreux ou pénétré par la pluie ou la fonte des neiges, il est trempé la fonction de cette eau s'évapore. La deuxième partie est utilisée par les plantes qui la contrôlent. Le reste continue de s'infiltrer dans le sol sous l'effet de la gravité, de plus en plus profond[5].

5- Ruissellement

Lorsque le sol est peu perméable, l'eau ne peut s'infiltrer. L'eau de pluie ou la neige fondue ruisselle, elle forme une fine pellicule d'eau. Toute cette eau est ensuite transportée à travers les rivières puis les fleuves jusqu'à aux océans. L'intensité du ruissellement dépend de la nature du sol, de la pente, de son état d'humidité, de l'existence ou non couvert végétal ainsi que, de l'intensité et de la durée de la pluie[5].

1.2 Généralité sur les eaux usées

1.2.1 Introduction

Les eaux usées ce sont les rejets de les eaux naturelles et des maisons ou de sanitaires et des usine qui il est résultant de l'utilisation d'humain dans différent nécessite il est pollue donc sera menace l'environnement et contient des polluées qui se sont mélange de différent produit , dans les pays sous développé le déficit d'infrastructures en matière d'assainissement a contribué à la gestions des rejets des usées dans les milieux naturels, ce qui crée considérablement la crise de l'eau et diminution le potentiel en ressources exploitables l'Algérie s'est engagé dans stratégie vers une politique environnementale basse sur la notions de développement durable et donc de la protection de l'environnement un facteur important.

1.2.2 Origine des eaux usées

Les eaux usées appelées aussi eaux résiduares sont identifiées selon leurs origines comme suit :

Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques viennent de les différents utilisations comprennent les eaux ménagères (Lavage, de lavabo , baignoire, cuisine. douche) ce sont regroupée dans des tuyaux de sanitaire elle contiennent des matières minérales et Organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires[6].

Eaux pluviales

Les eaux viennent de pluie regroupant dans les rues dans laquelle on trouve des polluants atmosphériques, poussières, corbeille, gaz des moteurs d'automobile. Les eaux de pluie collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans des raccordements et installation liée au une station d'épuration ce sont verser vers les rivières qui cause pollution intense dans les milieu aquatique[6].

Eaux industrielles

C'est un ensemble des eaux venant d'activité industrielle, elles sont totalement différentes de celles domestiques. Ces propriétés physiques et chimiques sont totalement variées d'une industrie à l'autre, viennent de différentes utilisations plus précisément liées à l'activité industrielle et de refroidissement, ou des effluents résultant du processus différent utilisé, on peut trouver des substances toxiques, des solvants et des micro-polluants ou des hydrocarbures. Dans ces cas, il faut un pré-traitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans le système de collecte [6].

Effluents agricoles

L'agriculture est l'une des sources de pollution des eaux, les effluents arrivant d'origine agricole enrichissent par des produits d'engrais nitrates et phosphates et pesticides et à l'élevage (lisiers et purins) qui sont solubles et mélangés dans l'eau.

1.2.3 Impacts des eaux usées

Les eaux usées ont des impacts sur les milieux aquatiques mais également sur la santé de l'homme [7].

Sur les êtres vivants et l'environnement

Les conséquences de la pollution de l'eau sont diverses. Cela conduit à une mortalité massive, mais ils sont encore moins fréquents. On le constate : enrichissement du milieu en nutriments, effets toxiques à moyen terme et elle peut résulter des effets, maladie ou trouble du système endocrinien [7].

Sur les eaux souterraines

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être diminuée à cause de la pénétration de l'eau usée, en cas de traitement étanche ou de système défaillant ou la présence des dysfonctionnements [7].

Sur la santé d'humaine

L'eau est une ressource naturelle importante pour la vie et directement ou en particulier, c'est la principale cause de décès et de maladie dans le monde. La division des sources et la mauvaise qualité de l'eau entraînent de graves problèmes de santé[7].

Eutrophisation des milieux

L'eutrophisation est un symptôme courant dans les écosystèmes aquatiques en raison d'un apport excessif de nutriments d'origine humaine, en particulier de phosphore et d'azote. La consommation de ces nutriments, tels que les nitrates et les phosphates, stimule fortement la croissance des organismes végétaux, entraînant une croissance rapide des plantes ou des algues, que l'on appelle 'prolifération végétale'. Ce phénomène sera plus prononcé en raison d'un chauffage de température plus élevé et la présence de la lumière et le faible renouvellement de l'eau[8].

1.2.4 Systèmes de collecte des eaux usées

Système unitaire

Grâce a ce système les eaux noir très polluée pluviales et urbaines elles sont envoyer vers la STEP grâce des groupe de canales commune. L'avantage de ce système il est simple et très faible coût que le séparatif pour la commande des système vers la STEP[9].

Système séparatif

dans cette système on basse sur spécialiser chaque réseau a base l'origine des eaux polluée, le réseau de regroupement des eaux domestique et des fois industrielles (ménages privés, artisanats et industries) est séparé dans du réseau d'évacuation des eaux de pluie qui sont rejetées le plus souvent directement dans le milieu récepteur. Ce système il caractérise de permettre l'assurance d'un régime permanent dans les STEP et la diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées, l'inconvénient c'est les frais d'installation[9].

1.2.5 Pollution des eaux usées

Pollution chimique

Elle peut être chronique, épisodique ou diffuse. Classes de champignons chimiques constitués de composants géologiques ou de polluants résultant d'activités humaines. L'utilisation excessive de produits chimiques dans l'agriculture peut entraîner un excès d'azote et de phosphore dans les cours d'eau. Les algues de surface se multiplient rapidement, ce qui entraîne une perte d'éclat[10].

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

1- Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laverie industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques[11].

2- Pollution par l'azote

Les activités industrielles peuvent être une source principale d'après la fabrication d'engrais. L'azote se présente sous deux formes : dont l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et de l'azote (protéine, créatine, acide urique). Ajouter de l'oxyde nitrique NO_2^- et du nitrate NO_3^- [9] .

Pollution organique

Ce type de pollution représente la majorité. En fait, il résulte de l'introduction de matières organiques dans l'environnement par diverses activités : industrielles (hydrocarbures), agricoles (engrais azotés et phosphatés) et domestiques (phosphates et substances fermentescibles). La contamination des eaux organiques des eaux domestiques et de l'industrie agro-alimentaire peut entraîner une consommation excessive d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques, entraînant la mort de vie aquatiques.

Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs[12].

Pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau des particules ou des déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries)[13].

Pollution par hydrocarbures

Les déchets d'hydrogène sont utilisés pour l'extraction du pétrole en raison des activités liées au transport et à l'utilisation des matériaux finis (gaz et pétrole) et à la construction de navire (pulvérisation).

Pollution radioactive

Il est s'agir de déchets radio artificiels, issus de l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations d'extraction d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les substances radioactives se trouvent dans les organismes vivants. C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements[14].

Pollution thermique

La pollution thermique peut avoir des impacts locaux importants, notamment sur les écosystèmes aquatiques. C'est le changement de température d'un milieu, généralement dans le sens ascendant. De manière générale, les mécanismes de refroidissement dans l'industrie et les centrales électriques aggravent cette pollution, qui se traduit par le rejet d'eau chaude dans l'environnement. Cependant, le drainage urbain et agricole utilisé peut également contribuer à des températures de l'eau plus élevées[15]. L'augmentation de la température moyenne a deux effets importants :

- réduire la quantité d'oxygène dissous dans le milieu aquatique

- Augmente l'activité métabolique des organismes et augmente leur consommation d'oxygène en conséquence.
- Les températures élevées semblent augmenter la sensibilité des organismes aux substances toxiques.

Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires [7].

1.2.6 Influence des eau usée sur les Paramètres organoleptiques

Couleur et l'odeur

La coloration dans les eaux usées peut être expliquée par la présence des matières organiques dissoutes et des colloïdes contenu dans les eaux . La couleur grise en vieillissant est typique à une eau résiduaire en général, elle devient noire par l'activité bactérienne en milieu anaérobie le long du traitement et du temps que cela pourrait prendre et concernant l'odeur , Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est un signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. L'odeur a toujours un lien avec colleur, c'est-à-dire avec les éléments dissous dans l'eau. Plus la couleur est foncée, plus l'odeur est forte. Cette odeur n'est pas seulement causée par des éléments chimiques mais aussi par des composés organiques suivant la nature de l'eau brute [16].

Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple, la température de l'eau est importante pour dissiper l'humidité et l'oxygène. La température augmente le taux de réactions chimiques et biochimiques. Dans le cas des eaux usées, il est relativement important de considérer les activités industrielles qui utilisent l'eau la plus chaude [17].

Turbidité

C'est la propriétés optiques de l'eau qui dépendent de sa capacité à casser ou à absorber la lumière. Mesure le niveau de pollution de l'eau en fonction de la quantité de matières en suspension dans l'eau. Argile colloïdale, particules de silice et matière organique, etc [18].

Matières en suspension MES

La plupart des matière en suspension sont des matière biodégradables. Un micro-organisme est adsorbée fréquemment a leur surface et est ainsi transféré a laide des solides en suspension. Ils sont également responsables de la trouble d'eau et des odeurs[19].

Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

C'est la La quantité d'oxygène requise par les micro-organismes pour assimiler la pollution biodégradable sur une période de temps. Nous pouvons déterminer la pollution biodégradable carbonée dans une période de 5 jours. L'effet principal des matières biodégradables au les milieux récepteur est donc l'appauvrissement d'oxygène dissous de ce milieu qui résultant leur dégradation [20].

Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène apportée par un réactif chimique (oxydant) pour détruire toutes les matières organiques biodégradables et non biodégradables .Leur présence peut entraîner la prolifération de microorganismes et la production de composés halogénés indésirables pour la santé et pour un éventuel traitement des eaux par le chlore L'effet principal des rejets de matières oxydables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui résultent de leur dégradation.

Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l[21].

Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène est l'indice d'acidité du milieu. Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, Le pH d'un effluent urbain classique est légèrement alcalin, de l'ordre de 7,5 et 8. Celui des effluents industriels peut être, par contre, extrêmement variable [22].

Conductivité électrique (CE)

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau) [23].

1.3 Traitement des eaux usées (Épuration)

L'objectif du traitement des eaux usées est d'obtenir une eau conforme aux réglementations légales en matière de rejet et pouvant donc être rejetée sans mettre en danger la santé humaine et l'environnement. Les méthodes de traitement des eaux usées incluent et combinent des technologies qui permettent le traitement des eaux usées, à la fois dans le recyclage des eaux usées dans le milieu naturel et dans la conversion de l'eau naturelle en eau potable. Les stations d'épuration sont une autre façon d'évacuer les eaux usées, car elles subissent un certain nombre de processus de traitement avant leur déversement dans le milieu naturel [24].

1.3.1 Fonction des stations d'épuration

De par sa fonction, il est installé en bout de réseau de collecte des eaux usées. Elle rassemble une succession des dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, chacun étant conçu pour éliminer progressivement tous les contaminants de l'eau[25].

1.3.2 Différents techniques d'épuration

Selon le degré de contamination, les processus de traitement peuvent être divisés en primaire, secondaire et tertiaire. Un triple traitement est nécessaire lorsque l'eau traitée est envoyée vers différentes zones sensibles, comme l'environnement En général, quatre

technologies et étapes de purification sont mises en œuvre pour traiter les eaux usées et éliminer divers polluants

1.3.3 Traitement préliminaire

Les traitements préliminaire se fait pour le but produit grossière et produit qui peut introduit dans les procède ce qui viennent après Le dégrillage pour éliminer les produit volumineux l'opération, de dessablage est pour le but a éliminer les sables et pour Les dégraissage et déshuilage est destinée à éliminer les huiles et les graisse .

- Le dégrillage : L'élimination des déchets fins et volumineux.
- Le dessablage : L'élimination des sables et graviers.
- Le déshuilage : L'élimination des huiles et graisses.

Dégrillage

Il permet de filtrer les objets ou les détritrus les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP [26].

- Dégrillage pour une écartement de l'intervalle entre (30 à 100 mm)
- Dégrillage moyen pour écartement l'intervalle entre (10 à 25 mm)
- Dégrillage fin pour écartement l'intervalle entre (3 à 10 mm)

Tamissage

Le tamissage est procédé d'un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamissage (mailles $> 0,3$ mm) et un tamissage (mailles $< 100 \mu m$) [27].

Déssablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique

du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3 m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [28].

Dégraissage - Déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation. Le dégraissage est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale des graisses et un dépôt minimale de boues de fonde fermentescibles. Le terme déshuilage est habituellement réservé à l'élimination d'huiles présentes en quantité notable dans les eaux résiduaires[29].

Traitement primaire

Le traitement primaire consiste en une simple décantation.Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60% de MES, (soit 40% de MO, 10 à 30% de virus, 50% à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraine également avec elle une partie des micropolluante)[30].

Décantation primaire

la décantation est la méthode la plus courante pour séparer MES et les colloïdes et est une pratique utilisée seule dans toutes les usines de traitement des eaux usées, le but est d'éliminer les particules de densité supérieure à la densité de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse à laquelle les particules tombent[14].

Décantation physico-chimique

Si les particules sont très fines (colloïdales), ils peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération. Par l'injection

des réactifs tels que : (le sulfate d'alumine, le sulfate ferrique) pour coagulation et pour la floculation en trouve : les flocculants minéraux, les flocculants organiques[31].

1.3.4 Traitement secondaire biologiques

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floes et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes. On distingue différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont[28] :

Procédés biologiques extensifs

Il repose sur le principe de auto-épuration, moins d'énergie est nécessaire lorsque la surface est large et que le temps de séjour de l'eau est long. et de la part économiquement, le prix d'investissement est bas ainsi le coût diminué. Ce sont le lagunage .

Lagunage (culture libre)

le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux [32].

Lagunage naturel

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est trois (03). Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière, ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par

les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique (voir la figure 1.1) [28].

Avantages de lagunage naturel

- Bien adapté au réseau unitaire (charge hydraulique - dilution).
- Coûts d'investissement limités (en absence de forte contrainte d'étanchéité).
- Faibles coûts d'exploitation.
- bonne intégration dans l'environnement.
- Bonne élimination des pathogènes.
- Boues peu fermentescibles.
- Raccordement électrique inutile.

Inconvénients de lagunage naturel [32]

- Emprise au sol importante.
- Contraintes de nature de sol et d'étanchéité.
- Variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée.
- Nuisances en cas défaut de conception et d'exploitation (rongeurs, odeurs).
- Élimination de l'azote et du phosphore incomplète.
- Difficultés d'extraction des boues.
- Pas de réglage possible en exploitation.
- Sensibilité aux effluents septiques et concentrés

Lagunage aéré

Ce sont des vastes bassins constituant un dispositif très proche du procédé à boues activées à faible charge. On y effectue une épuration biologique bactérienne comme celle qui se pratique naturellement dans les étangs, en apportant de l'extérieur par insufflation d'air ou oxygénation au moyen d'aérateurs de surface, l'oxygène nécessaire au maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices. Bien que théoriquement elle ne s'impose pas, une recirculation de l'eau traitée et parfois des boues biologiques en tête de lagune est souvent pratiquée. Elle permet d'améliorer le mélange complet et d'assurer une meilleure

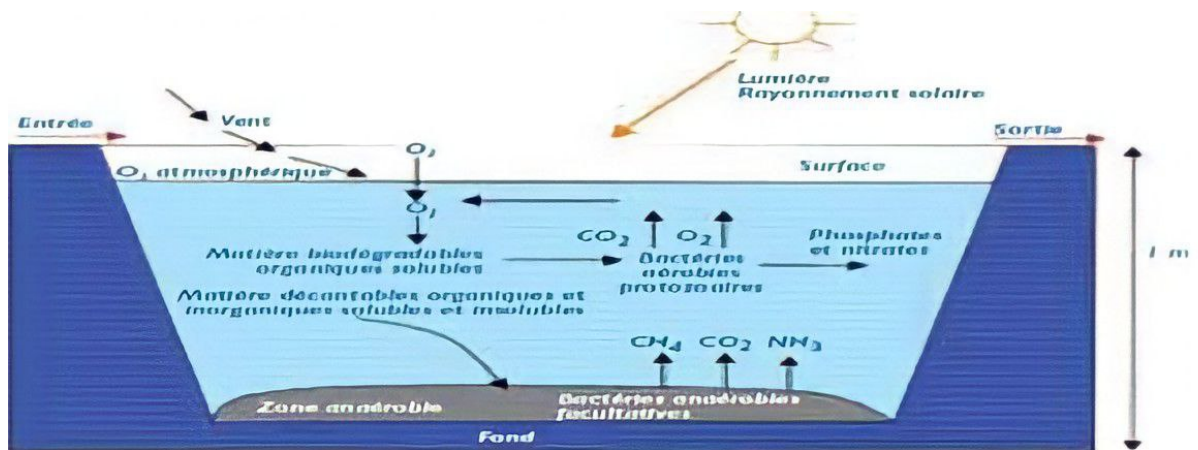


FIGURE 1.1 – L'épuration des eaux usées par lagunage naturel

répartition de la biomasse. Il est rare, en raison de la concentration relativement élevée en matières en suspension, que l'on puisse rejeter directement l'effluent traité à l'exutoire sans décantation finale [33].

Procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel [34]. Trois grands types de procédés sont utilisés :

- les lits bactériens.
- les disques biologiques.
- les boues activées.

Lit bactérien Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-

produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO_5 [35].

Disques biologiques Les disques biologiques ou bio-disques sont des disques en filés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio-film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 (m), sont espacés de 20 (mm) et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/mn^{-1} . Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel[36].

Boues activées Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un pré-traitement obligatoire[37].

1.3.5 Traitement tertiaire

Des règles particulières s'appliquent à toute les eaux traitées . En détruisant et éliminant les microorganismes azotés, phosphorés ou pathogènes. Un troisième traitement donc est nécessaire. Elle regroupe tout les procédés chimico-physique complément a les opération des traitement primaire et secondaire

Élimination de l'azote

Les stations d'épuration classiques, prévues pour élimination les matières carbonées totalement et éliminent certaine quantités d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes des rejets aux les zones sensibles, des traitements complémentaires

doivent être mis en place. L'élimination de l'azote est le plus souvent, obtenue grâce a des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" [38].

Nitrification

La nitrification comprend l'oxydation de l'ammoniac en nitrate, ainsi que des dérivés de nitrate produits biologiquement par des bactéries de nitrification. Le temps de rétention des vidéos est plus riche pour les consommateurs. La nitrification s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes[25].

- Nitrification : oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par des bactéries des germes nitrosomonas
- Nitrification : oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par des bactéries des germes nitrobactéries.

Déphosphoration ou dite déphosphorylation peut être effectuée par des opération chimiquement ou biologiquement. En chimiothérapie, l'ajout d'un réactif tel que des sels de fer ou d'aluminium provoque la précipitation de phosphate insoluble. Ces technologies éliminent 80 à 90 % du phosphore mais produisent des boues importantes [28].

Chloration

Le chlore est un oxydant puissant, leur utilisation est plus anciens, pour agir correctement, le chlore impose d'une part que l'eau soit préalablement bien épurée et, d'autre part, qu'un temps de contact de 30 min soit respecte. Le chlore se combine a l'ammoniac contenu dans l'eau épurée pour former des chloramines qui deviennent alors l'agent des infectant[38].

Ozonation

L'ozone est un procédé de désinfection utilisée aux quelques pays, il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes, les virus, les bactéries et les protozoaires, il agit avec un temps de contact de courte durée (10 min) [31].

Rayons ultraviolets

Le système implique l'utilisation de lampes au mercure sur la ligne disposées parallèlement . Leurs radiations attaquent directement les microbes. Ce traitement est facile à mettre en œuvre car il n'y a pas de stockage et Les éléments chimiques de l'eau ne sont pas modifiés .

Désinfection

Il est important d'éliminer l'eau épurée qui ne contient pas de fortes concentrations d'agents pathogènes dans les zones sensibles. Parfois, des traitements supplémentaires sont effectués : désinfection, désinfection et transport final de plusieurs manières, notamment chloration , ozonisation, rayonnement ultraviolet, filtrage et consommation d'espace [38].

Désinfection à l'aide de la chaux

Parmi les méthodes utilisées dans la désinfection on trouve l'utilisation de la chaux depuis longtemps dans les stations d'épuration. la chaux peut diminuer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau en éliminant les matières en suspension et la turbidité. De plus, le manganèse, le fluorure, et la silice sont éliminés en parallèle de l'eau usée.

1.4 Chaux

La chaux est un terme général appliqué à plusieurs composés chimiques qui partagent la caractéristique commune d'être très alcalin. Dans l'eau et les eaux usées champs de traitement, le terme est généralement appliqué à la chaux vive et à la chaux hydratée. Les deux types de chaux sont fréquemment utilisés et facilement disponibles partout dans le monde [39].

La chaux est brûlée à partir de calcaire à des températures d'environ 1000°C. Les roches calcaires naturelles contiennent souvent des impuretés, notamment argileuses, selon la pureté du calcaire utilisé, on peut utiliser soit de la chaux gazeuse, soit de la chaux hydraulique [40].

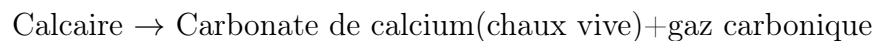
1.4.1 Réaction d'obtention de la chaux

Réaction de décarbonations (Calcination)

Le calcaire peut être décomposé par la chaleur dans un four pour donner de la chaux vive (oxyde de calcium) et du dioxyde de carbone avec la réaction suivante 1.1 :



avec :



Réaction d'hydratations

La réaction entre la chaux vive et l'eau produit la chaux éteinte avec la réaction suivante 1.2 :

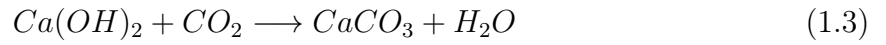


avec :



Réaction de Ré-carbonatation

La ré-carbonatation est le durcissement de l'hydroxyde de calcium sous l'effet du gaz carbonique de l'air, suivant la l'équation 1.3 :



avec :



1.4.2 Classifications de la chaux

On classe la chaux en deux types distincts qui se diffèrent l'un de l'autre , comme la figure 1.2 [2] illustre.

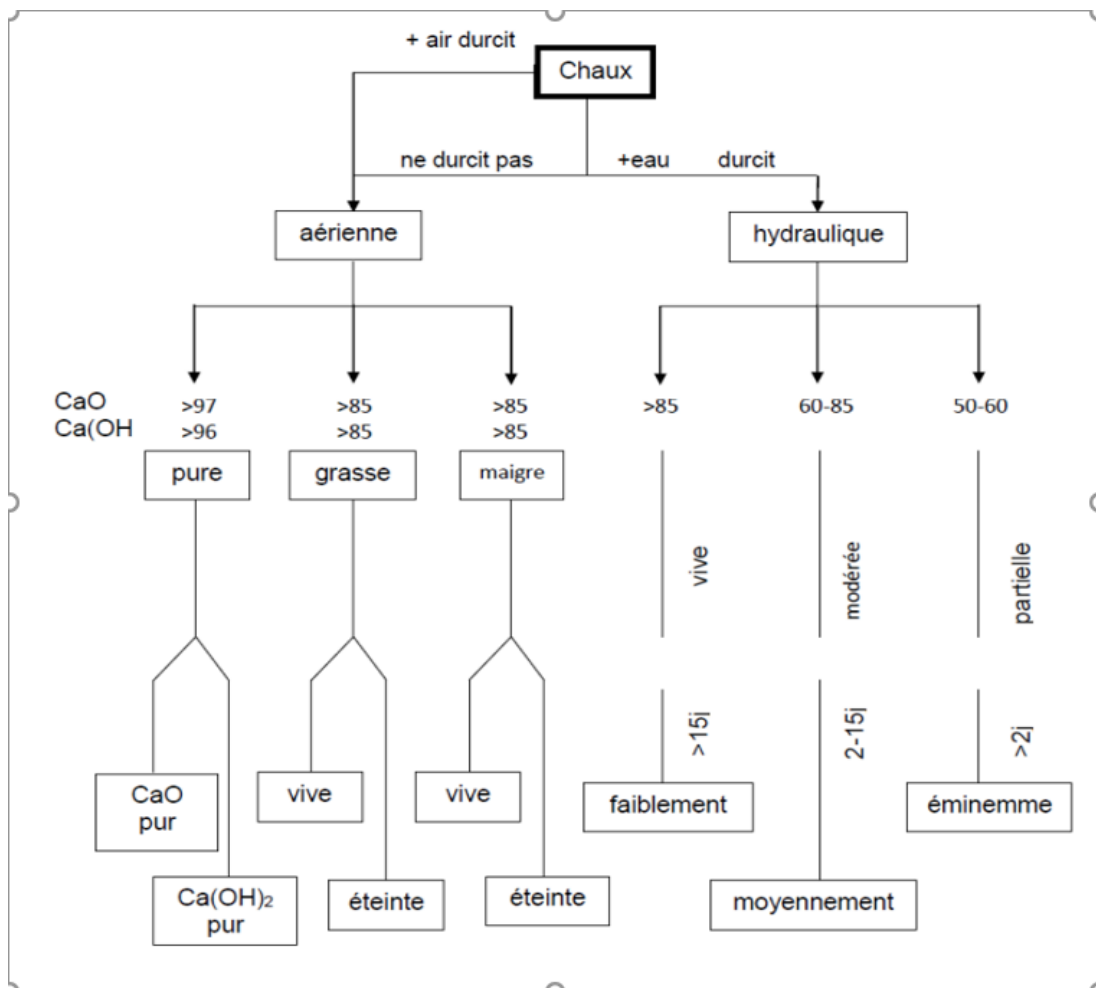


FIGURE 1.2 – Schéma de classification de la chaux

Chaux aériennes

Qui sont le produit de la calcination des pierres calcaires, constituées donc presque exclusivement de carbonate de calcium $CaCO_3$. Ils ont la propriété de durcir à l'air mais non à l'eau[41].

Chaux hydrauliques

Elles sont ainsi nommées parce qu'elles possèdent la propriété, très importante, de durcir non seulement à l'air et dans les lieux humides mais encore sous l'eau. Les chaux hydrauliques s'obtiennent par cuisson entre (850 et 1000)°C de calcaire avec impureté argileuse inférieure ou égale à 22%. Les chaux obtenues sont d'autant plus hydraulique que la proportion d'argile est plus élevée. L'argile étant un mélange des corps suivants :

- Silicate d'alumine hydratée
- Silice .
- Oxyde ferrique.

[41]

Paramètres de classification de la chaux

La distinction qu'on a vue précédemment peut être étudiée à l'aide des paramètres suivants[2] :

Température et le degré de cuisson du calcaire La température charnière entre les deux sortes de chaux est de 900°C à 1200°C .

- À 900°C : Les chaux obtenues sont aériennes.
- À 1200°C : l'influence des impuretés contenues dans la roche mère devient prépondérante et donne à la chaux ses propriétés hydrauliques.

Richesse en carbonate de calcium Cette richesse en $CaCO_3$, dont dépend la teneur en CaO de la chaux, conduit aux définitions suivantes :

- Teneur en $CaO > 97\%$, en $Ca(OH)_2 > 96\%$: chaux chimiquement pures
- Teneur $85\% < CaO < 97\%$, $85\% < Ca(OH)_2 < 96\%$: chaux grasses
- Teneur en $CaO < 85\%$, en $Ca(OH)_2 < 85\%$: chaux maigres

Teneur en éléments argileux Elle permet de classer les chaux hydrauliques qui tirent leurs propriétés de l'importance des éléments argileux de la roche mère. L'indice d'hydraulicité est défini par l'évaluation des proportions d'éléments argileux qui réagissent avec l'oxyde de calcium à la cuisson, la formule peut s'écrire :

$$L = \frac{\%SiO_2 + \%Fe_2O_3 + \%Al_2O_3}{\%CaO + \%MgO}$$

L : évalue les proportions d'élément argileux qui réagissent avec l'oxyde de calcium CaO.

Si L est faible ($0 < L < 0,10$) : la chaux est valable pour l'utilisation dans l'industrie (chaux chimiquement pure)

Si L est grand ($L > 0,30$) : (c'est-à-dire en présence de silice et l'alumine dans la roche mère), la chaux est utilisée dans l'habitat ou la construction des routes.

Condition de prise ou durcissement

- La chaux aérienne ne se durcit que dans l'air
- La chaux hydraulique : elle a la propriété de se durcir dans l'eau et l'air

Conditionnement

- La chaux vive : c'est le produit sorti directement du four .
- La chaux éteinte : c'est le produit obtenu après extinction de l'eau.

1.4.3 Caractéristiques et propriétés de la chaux

Caractéristiques et propriétés chimiques

Les caractéristiques et propriétés chimiques de la chaux sont les suivantes[2] :

- La chaux est un matériau alcalin qui réagit avec les acides pour former des sels de calcium.
- Elle absorbe les gaz acides, comme le dioxyde de soufre et le gaz carbonique .
- Elle réagit sous certaines conditions avec la silice ou les silicates naturels. Ainsi, la réaction avec la silice sous pression permet de fabriquer des briques de silicate de calcium, la réaction avec les matériaux argileux est utilisée pour la stabilisation des sols.

- La chaux réagit chimiquement sous haute température avec les impuretés des métaux et sert au raffinage de ces métaux.
- La chaux réagit chimiquement sous haute température avec les impuretés des métaux et sert au raffinage de ces métaux.
- Grâce à la finesse et à la forme des particules de la chaux hydratée, la pâte de chaux est plastique et constitue avec du sable des mortiers et enduits très plastiques dont la solidité augmente avec le temps par décarbonations.
- Grâce à son alcalinité et à ses réactions avec les sols, la chaux permet de corriger l'acidité des sols et constitue un fertilisant important

Caractéristiques physiques

Les caractéristiques et propriétés physiques de la chaux sont les suivantes[42] :

Surface spécifique Elle caractérise la finesse des grains d'origine minérale (voir le tableau 1.1) . C'est la surface développée de l'ensemble des grains contenus dans un gramme de poudre (surface Blaine). Plus les grains sont fins, plus la surface spécifique est grande, plus la réactivité est grande. Voici quelques ordres de grandeur :

TABLE 1.1 – Comparaison entre chaux hydraulique et chaux éteint

| Type de liant | Surface Spécifique cm^2/g |
|--|---|
| Chaux vive en poudre | 3 000 à 10 000 |
| Chaux aérienne en poudre | 8 000 à 20 000 |
| Chaux aérienne en pâte (éteinte par immersion) | Environ 40 000 |
| Chaux hydraulique naturelle | 3 000 à 8 000 |

Cette grandeur est donc directement liée à la finesse des grains. Cette caractéristique explique l'onctuosité des chaux aériennes et leurs facultés d'accrochage.

Poids spécifique, masse volumique et densité Le poids spécifique est la masse d'un m^3 de matière dénuée de vide.

La masse volumique s'exprime en kg/m^3 et représente la masse d'un m^3 de matière dans son état naturel. On précise parfois la masse volumique apparente pour éviter toute confusion avec le poids spécifique.

La densité est le rapport de la masse volumique de la matière en question sur la masse volumique de l'eau.

Résistance et vitesse de prise Conformément à la norme NF P 15- 311 relative aux critères de conformité des chaux, celles-ci sont regroupées en classes de résistances. Ces valeurs se déterminent suivant la norme NF EN 459-2 sur éprouvettes prismatiques de mortier de sable normalisé, cassées en compression à 28 jours.

Indice de clarté Il s'agit d'une valeur comprise entre 0 et 100 qui traduit la blancheur du liant. Une chaux aérienne est très claire (indice proche de 100). Les chaux hydrauliques sont légèrement colorées du fait des oxydes contenus dans le calcaire.

Résistance au feu Un corps résiste au feu jusqu'à sa température de fusion si ses liaisons moléculaires sont suffisamment fortes pour y parvenir. La silice par exemple ne peut être portée au-delà de 560° C sans éclater. Tout corps siliceux n'est donc pas réfractaire. Le calcaire atteint lui 600 à 800 °C sans se décomposer, on ne peut le qualifier de réfractaire. La chaux vive elle, est réfractaire mais la chaux hydratée perd son eau, donc une partie de sa cohésion.

Retrait Le retrait est la contraction du volume total des mortiers et bétons pendant la prise des liants. Les facteurs en sont l'évaporation, la prise hydraulique, la carbonatation et le retrait thermique.

La résistance est alors un faux ami puisque les concentrations de contraintes engendrent des fissurations franches, comme cela est le cas avec les ciments. En enduits extérieurs par exemple, l'emploi de liants de résistance moyenne comme la chaux est préférable puisque c'est une micro fissuration qui a lieu : le parement est d'autant plus perméable mais ne laisse pas l'eau s'infiltrer.

Perméabilité La perméabilité à la vapeur d'eau est une qualité importante dans l'habitat, vire indispensable en rénovation pour assainir les murs. Les ouvrages en chaux ont cette propriété. En définitive nous pouvons avancer que la faible résistance de la chaux aux jeunes âges est établie, un avantage sur le ciment puisque l'appareil, plus souple, peut absorber les déformations du bâti. De plus la chaux durcit avec le temps et l'ouvrage se bonifie en vieillissant.

1.4.4 Propriété de la chaux vive et chaux éteinte

Le tableau suivant (1.2), montre la Propriété de la chaux vive et chaux éteinte

TABLE 1.2 – Propriété de la chaux vive et chaux éteinte[2]

| | Chaux vive | Chaux éteinte |
|---|--|--|
| Nom | Oxyde de calcium | Hydroxyde de calcium |
| Formule Chimique | CaO | $Ca(OH)_2$ |
| Aspect | Roche, granulé, Poudre blanche | Poudre blanche |
| Odeur | Sans | Sans |
| Point de fusion (°C) | 2614 | Décomposition à 580°C (se transforme en CaO) |
| Point d'ébullition (°C) | 2850 | 2850 |
| Inflammabilité | Non | Non |
| Masse volumique apparente (kg/m³) | 700 à 1200 | 200 à 800 |
| Poids spécifique à 20°C (kg/m³) | 3350 | 2200 |
| Solubilité dans l'eau (kg/m³) | 1,4 à 0°C et 1,25 à 20°C | 1,85 à 0°C et 1,86 à 20°C |
| pH 0 à 25°C | 12,4 en solution Saturée | 12,4 en solution saturée |
| Réactivité | Réaction avec l'eau et les acides, avec fort dégagement de chaleur | Réaction avec l'aluminium en présence d'eau, forte réaction exothermique en présence d'acides |

1.4.5 Production de la chaux à l'échelle artisanale

La fabrication de la chaux passe par plusieurs étapes chacun ayant son importance et sa particularité, qui sont [2] :

- L'extraction
- La cuisson
- L'extinction

Extraction

Tout commence par l'extraction du calcaire et de l'argile dans des carrières à ciel ouvert ou souterraines. Après le minage, la roche dure est transportée vers l'atelier de concassage et criblage.

La première opération consiste à casser puis à tamiser les blocs pour obtenir un calibre de pierre compatible avec le four utilisé.

La granulométrie de la roche varie de 20 mm à 150 mm. Les fours verticaux varient en taille de 20 mm à 140 mm, tandis que les fours rotatifs vont de 5 mm à 40 mm.

Si le calibre de la pierre est trop gros, il y a un risque de sous-cuisson au four, et si le calibre est trop petit, cela risque d'encrasser le four et de l'endommager. Ce traitement est très important car le rendement du produit dépend principalement d'un bon calibrage de la pierre précieuse.

Cuisson

Généralement, la cuisson a lieu dans un four à cuve, où un mélange intime de pierre et de combustible (généralement du charbon) est introduit au sommet en couches alternées.

La pierre descend lentement, d'abord à travers une zone de préchauffage, permettant à l'eau libre de s'évaporer. Il passe ensuite dans une zone de calcination, où il est décarburé à partir de 900°C. La zone de cuisson réelle est à une température différente selon la qualité de chaux recherchée, la température est comprise entre 100°C et 1200°C.

Extinction

A la sortie du four, la chaux vive collectée subit un traitement visant à l'éteindre et obtient de la chaux hydratée. Pour la chaux hydraulique, les silicates et aluminates qui confèrent à la chaux ses propriétés hydrauliques doivent être respectés, et il faut veiller à ne pas trop tremper. En effet, ces silicates et aluminates fixent d'abord l'eau puis la perdent, favorisant l'extinction de la chaux restante. L'extinction de la chaux peut se faire en deux techniques, soit :

Par immersion : c'est de plonger pendant quelques secondes la chaux dans l'eau. Pour les chaux grasses ce procédé est la même.

Par aspersion : la chaux est étalée en couche de 15 à 20 cm. On l'arrose légèrement puis on la retourne et on l'arrose à nouveau de manière à ce que toute la masse soit humectée. On relève la chaux en tas et on laisse jusqu'à l'extinction complète. La transformation du produit en poudre marque la fin de l'aspersion.

1.4.6 Cycle de la chaux

Lorsque la chaux hydratée se combine avec le dioxyde de carbone, elle redevient calcaire (voir la figure 1.3)[43] . La prise aérienne ou hydraulique de la chaux est déterminée par la teneur en calcaire pur ou en argile de la pierre, La cuisson transforme la pierre en chaux vive, la chaux vive est broyée à sa sortie du four, Pour certains travaux, il peut être utilisé à l'état électrisé ou éteint, Combattre un incendie sans excès d'eau transformera la chaux en poudre. En sachets elle sera commercialisée sous le nom (Air Lime) extinction par immersion, seule la chaux aérienne peut être conservée sous forme de pâte. La chaux éteinte répond à la norme, vous pouvez savoir si la chaux est calcaire ou magnésienne, chaux vive gazeuse ou hydraulique, faible ou forte résistance, pure ou hybride, la protection des limes vendues dépend de leur état. La poudre de chaux se conserve environ 1 an dans un sachet. Sous forme de pâte, la chaux aérienne peut être conservée indéfiniment sous l'eau [43] .



FIGURE 1.3 – Cycle de la chaux

1.5 Chaux dans Le traitement des eaux usées

Le traitement chimique des eaux usées municipales est pratiqué depuis près d'un siècle. Il est généralement utilisé comme une alternative plus simple et plus flexible aux processus biologiques secondaires, bien qu'il ne soit pas aussi efficace pour éliminer les matières organiques solubles. Bien que le traitement chimique n'ait jamais été largement pratiqué, il s'est avéré particulièrement utile lorsque les solides colloïdaux et les matières en suspension finement divisées ne pouvaient pas être éliminés par simple sédimentation et que des coagulants devaient être ajoutés aux eaux usées. Le traitement chimique a trouvé son application la plus large dans le traitement des déchets industriels, où sa flexibilité, son faible coût et sa simplicité d'exploitation et de maintenance étaient autant d'atouts attractifs pour l'industrie. Le fait que certains déchets commerciaux ne se prêtent pas au traitement biologique ou sont toxiques pour la population de micro-organismes a égale-

ment contribué à la large application du traitement chimique dans le domaine des déchets industriels [39].

Conclusion

Le premier chapitre sert d'introduction aux domaines liés à notre recherche. Nous l'avons d'abord l'eau en générale et le cycle de l'eau. d'autre part on a présentée Les eaux usées et leur traitement et expliquent ces processus. On a donnée des détails du traitement tertiaire qui est d'une étapes de la chaîne de traitement des eaux usées, plus importante et la plus courante dans le traitement des eaux usées avant qu'elle ne se rejettent dans les milieux naturels. Nous avons détaillé sur le traitement par la chaux dont notre étude se rapporte spécifiquement. Le chapitre suivant est spécialisée au domaine d'étude (Wilaya de Ghardaïa). On a donnée des détailles générales sur la willaya après visite de l'organisation d'accueil (station d'épuration des eaux usées de Keff-Edoukhan à Ghardaïa), nous verrons les détails de la procédure de traitement dans le chapitre suivant.

Chapitre 2

Description de la Zone d'étude

Ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, en se basant sur les informations données par la station d'épuration de Keff-ELdukhan.

2.1 Présentation de la Wilaya de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa se situe dans la zone septentrionale du Sahara Algérien. Elle se situe à 600 km au sud d'Alger. Elle est limitée

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et Djelfa
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset
- A l'Est par la wilaya de Ouargla
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad

La population de la wilaya est estimée de 405015 habitants, soit une densité de peuplement de 4,70 habitants au km^2 . Pour une superficie de 86105 km^2 , la wilaya est constituée de 13 communes regroupée dans 9 daïras [44].

2.2 Vallée du M'zab

La vallée du M'Zab à laquelle se rattache notre projet, est la plus importante des zones habitées de la wilaya, elle est située à l'enceinte du bassin versant.

La vallée du M'Zab est entaillée dans les massifs calcaires du Turonien. Elle regroupe trois (03) daïras (tableau 2.1) et quatre (04) communes, à savoir :

La vallée du M'Zab se situe à 600 km au sud d'Alger, dans la wilaya de Ghardaïa, sur

TABLE 2.1 – Vallée du M'Zab

| Daïra | Commune |
|--|---------------------------------|
| Ghardaïa (chef-lieu de la wilaya) | Ghardaïa, Béni Isguen et Melika |
| Bounoura | Bounoura et d'El Atteuf |
| Daya Ben Dahoua | Daya Ben Dahoua |

le plateau Hamada au Sahara septentrional. Une longitude de 3°.45 Est, et latitude de 32°.50 Nord. Les cinq villes qui composent la pentapole du M'Zab (El-Atteuf, Bounoura, M'lika, Beni Isguen et Ghardaïa) se situent sur les éminences rocheuses au-dessus de la Chebka (filet = oued du M'Zab) qui irriguent les palmeraies où les villes modernes se développent. perspectives de développement[1].

2.3 Présentation de la station d'épuration d'EL-ATTEUF

2.3.1 Situation géographique

La station d'épuration de Kef-Edoukhane est située dans la commune d'EL-ATTEUF qui constitue l'aval de la vallée du m'Zâb. D'une superficie d'environ 79 ha, c'est la 2^{me} plus grande STEP par lagunage naturel dans le monde après une STEP à Texas aux États-Unis (selon MR Marc André DES Jardin, Expert mondial dans la conception des STEP). La STEP est située à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, à l'aval de la digue d'EL-ATTEUF [45].

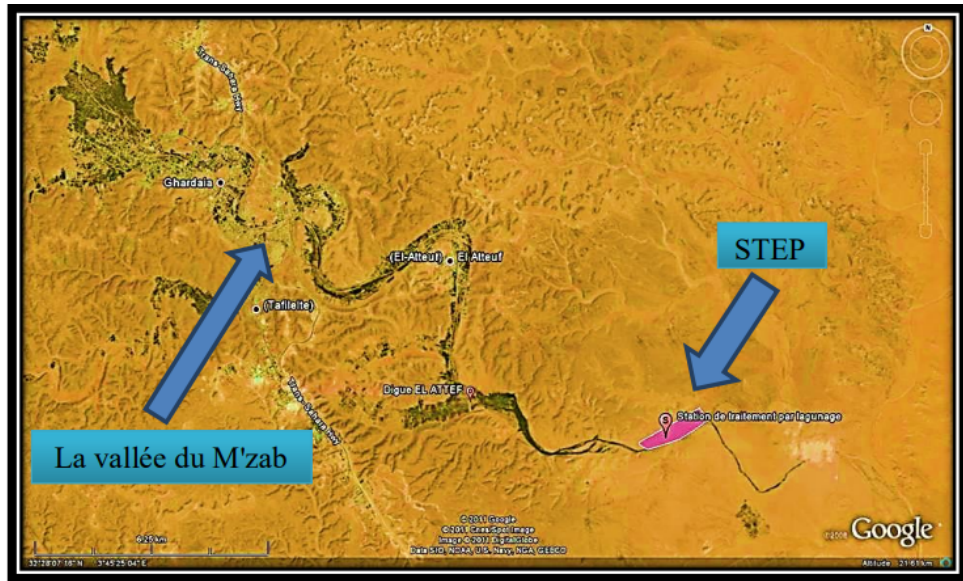


FIGURE 2.1 – Situation géographique de la STEP (Google earth, 2022)



FIGURE 2.2 – Photo de la STEP (Google earth, 2013)

2.3.2 Caractéristiques de la STEP de Ghardaïa

La station d'épuration de Ghardaïa est construite pendant la période 2008-2012 par AMENHYD SPA : entreprise de réalisation avec collaboration de BGet AQUATECH-AXOR (Canada) : bureau d'étude de contrôle et suivi; Elle a été mise en service en novembre 2012 et STEP La vallée du M'zab traite les eaux usées, par le procédé du lagunage naturel avec pré traitement, traitement primaire et traitement secondaire pour

la filière eau, et déshydratation dans les lits de séchages pour la filière boues.

Aujourd'hui, la station a une capacité de traitement de 25000 m³/j, correspondant à 168 323 éq/hab et 46 400 m³/j, correspondant à 331 700 éq/hab à l'horizon de 2030 et elle traite des eaux usées d'origine urbaines. Le milieu récepteur des eaux usées épurées est l'oued M'Zab. Actuellement la station est gérée par la DHW (Direction de l'hydraulique de la wilaya), les communes raccordées à la STEP sont : Ghardaïa ; Bounoura ; El-atteuf, par un réseau d'assainissement de type unitaire.



FIGURE 2.3 – Vue aérienne de la STEP d'EL-ATTEUF (Google earth, 2022)

2.3.3 Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa

- Capacité : 331 700 eq/hab
- Surface totale : 79 ha
- Nombre de lit de séchage : 10 lits
- Nombre de bassins : 16 bassins divisé en 02 niveaux
- Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³ /j [45].

Le tableau (2.2) résume les données de bases de la STEP Ghardaïa en 2013.

TABLE 2.2 – Données de bases de la STEP [[1]]

| Capacité nominale | 2030 |
|--|-------------------------------------|
| Premier niveau | |
| Nombre de lagunes | 08 lagunes |
| Volume total des lagunes | 174 028,50 m ³ |
| Volume par lagune | 21 753,56 m ³ |
| Surface totale | 4,97 ha |
| Surface par unité de lagune | 0,62 ha |
| Profondeur des lagunes | 3,6 m |
| Temps de séjour | 3 jours |
| Fréquence de curage 1 fois tous les ... | 3 ans |
| Charge organique résiduelle | 5800 kg <i>DBO</i> ₅ /j |
| Abattement <i>DBO</i> ₅ minimal | 50% |
| Deuxième niveau | |
| Nombre de lagunes | 08 lagunes |
| Volume total des lagunes | 464 000 m ³ |
| Volume par lagune | 58 000 m ³ |
| Surface totale | 30,4 ha |
| Surface par unité de lagune | 3,8 ha |
| Profondeur des lagunes | 1,6 m |
| Temps de séjour | 10 jours |
| Fréquence de curage 1 fois tous les ... | 3 ans |
| Charge organique résiduelle | 2 320 kg <i>DBO</i> ₅ /j |
| Abattement <i>DBO</i> ₅ minimal | 60% |

2.4 Différentes étapes de traitement des eaux usées

2.4.1 Lagunage naturel

Le lagunage naturel est souvent défini par plusieurs termes : "oxydation pond", "sewage oxydation pond", "sewage lagoon", "waste stabilization-ponds", "étang de maturation", "étang de stabilisation". C'est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu.

Le lagunage naturel repose sur une décantation directe au fond des bassins des matières en suspension, et indirecte des substances solubles introduites ou remises en solution par les sédiments après leur absorption par les microphytes. Ce procédé est proche de l'autoépuration. Il est basé sur un cycle biologique, où les bactéries assurent l'élimination des matières organiques en présence d' O_2 fourni par les algues .

L'ensemble des eaux usées de la vallée sont acheminées gravitairement (pente : 0,2%) depuis la fin du collecteur projeté au niveau de la digue d'El Atteuf jusqu'à l'entrée de la station grâce à deux collecteurs en parallèle de diamètre 1000 mm. Les étapes par lesquelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

- Prétraitements,
- Traitement primaire anaérobie,
- Traitement secondaire facultative,
- Lits de séchage des boues.

[46]

2.5 Prétraitement

Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières très hétérogènes et souvent volumineuses. A l'arrivée dans la station d'épuration, les eaux "brutes" doivent subir, avant leur traitement proprement dit, des traitements préalables de dégrossissage, appelés "prétraitements" et destinés à extraire des effluents la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements

ultérieurs([1]).

2.5.1 Dégrillage/Dessablage

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. En cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques. Un système de batardeaux calés au dessus de la cote plan d'eau maximal équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by passer complètement l'ensemble du prétraitement.

Au niveau de la jonction avec le collecteur principal des eaux usées de l'ensemble des collecteurs des différents bassins de collecte sont prévus des dispositifs de dessablage : de ce fait, les particules non retenues à ce niveau et qui se retrouvent directement dans les lagunes sont en quantité négligeable et sont évacuées lors des opérations de curage,

Le dessableur et le dégrilleur sont localisés à l'intérieur du répartiteur principal du traitement primaire([1]).

2.5.2 Ouvrage de répartition

Répartiteurs principaux

La répartition des débits vers les huit lagunes primaires opère au niveau du répartiteur principal disposé en tête de chacun des deux niveaux d'épuration, cet ouvrage se compose des éléments suivants, d'amont en aval :

- à l'aval immédiat des canaux de dégrillage (pour le répartiteur primaire), une cloison siphonide participe à la tranquillisation des flux
- l'élargissement de la section de l'ouvrage permet de ralentir le cheminement des eaux usées avant leur passage sur un seuil frontal décomposé en huit seuils de largeur 1m
- les eaux usées se déversent dans deux chambres d'où partent les deux conduites de diamètre 1000mm de liaison avec les répartiteurs secondaire([1]).

Répartiteurs secondaires

Ils sont destinés à répartir les eaux usées vers les lagunes d'un même étage de traitement (primaire ou secondaire), implantées sur une même plage ([1]).

2.5.3 Traitement primaire

Le traitement primaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux usées au sein des lagunes primaires dites « anaérobies », constituées de 8 bassins d'une superficie de l'ordre de 0,62 ha et d'une profondeur d'eau de 3,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5 m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien ([1]).

2.5.4 Traitement secondaire

Le circuit hydraulique du traitement secondaire est similaire à celui du traitement primaire avec les éléments suivant :

- Deux conduites de diamètre 1000mm, qui collectent les eaux ayant subi le traitement primaire, arrive sur répartiteur principale du traitement secondaire.
- Les eaux sont ensuite réparties vers les huit lagune secondaires.

Le traitement secondaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux au sein des lagunes secondaires constituées de huit bassins d'une superficie de l'ordre de 3,8 ha et d'une profondeur d'eau de 1,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien ([1]).

2.5.5 Traitement des boues

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes primaires et secondaires à l'air libre sur 10 lits de séchage ([1]).

2.5.6 Lits de séchage

Les lits de séchage sont implantés à une cote supérieure à celle des lagunes afin de pouvoir évacuer les lixiviats drainés vers les lagunes de manière gravitaire. En effet, les lits de séchage sont constitués d'une couche de sable lavé surmontant des couches de granulométrie plus importante incluant le réseau de drainage. De ce fait, on assiste dans un premier temps à un ressuyage de l'eau interstitielle qui donc est renvoyée vers les lagunes, et dans un second temps l'évaporation permet l'obtention de siccités élevées([1]).

2.6 Evacuation des eaux traitées

Après le traitement dans les bassins secondaires, et à travers les ouvrages de sortie des lagunes, les eaux traitées sont évacuées gravitairement vers le rejet final par deux collecteurs de diamètre 1000mm. Les eaux épurées sont rejetées directement à l'oued M'Zab([1]).



FIGURE 2.4 – Rejet final vers oued M'Zab([1])

Chapitre 3

Matérielles et Méthodes

3.1 Introduction

Notre étude s'est concentrée sur le traitement des eaux usées en utilisant de la chaux local. Pour mener à bien cette étude, le traitement d'un échantillon d'eau usée a été prélevé à la sortie de la station d'épuration de Keff-Edoukhan pour l'application d'un traitement tertiaire à l'aide de la chaux local pris de la carrière située dans la zone industrielle de Ghardaïa, après avoir analyser ses caractéristiques.

Dans ce chapitre, nous presentons le matérielle et les méthodes utilisées dans notre travail et les étapes de fabrication de la chaux au niveau artisanale.

3.2 Chaux utilisée

L'échantillon de la chaux utilisé est prélevé arbitrairement de l'usine artisanale de Babker située à environ 9 km de la station d'épuration de keff-edoukhan de Ghardaïa, d'où l'échantillon été prélevé, après avoir subi quelque transformation comme le présente l'organigramme

3.2.1 Premier étape : Production de la chaux locale

Extraction

Le transport de la roche concassée du calcaire est assure à l'aide des camions vers l'usine.

Cuisson

La roche carbonatée ($CaCO_3$) subit une calcination à une température dépassant 700 C° pendant trois jours, où les pierres sont brûlées dans un four cylindrique et vertical à l'aide d'un carburant (voir la figure 3.2.1), les carbonates de calcium sont transformés en oxyde de calcium CaO, qui est connu sous le nom de chaux vive, et cette réaction est accompagnée par la libération de gaz carbonique CO_2 (voir la figure 3.2). D'après la réaction suivant .[47]

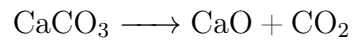
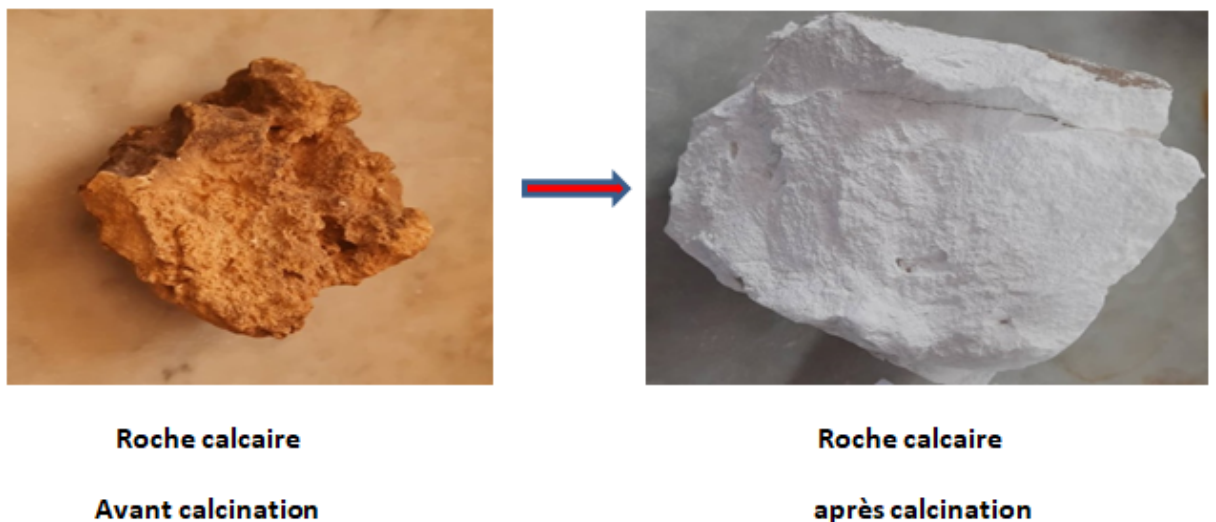


FIGURE 3.1 – Roche calcaire avant et après calcination (**Photo originale**)



Roche calcaire
Avant calcination

Roche calcaire
après calcination

FIGURE 3.2 – Roche calcaire avant et après calcination (**Photo originale**)

Broyage

Les plus grosses pièces doivent passer par le moulin pour former de la chaux broyée (voir la figure 3.2.1) .



FIGURE 3.3 – Appareille de broyage (**Photo originale**)

Après ces étapes de production de la chaux vive, un échantillon est ramené pour passer aux procédés de préparation et de caractérisation.

On peut représentée ces opération dans l'organigramme suivant 3.2.1 :

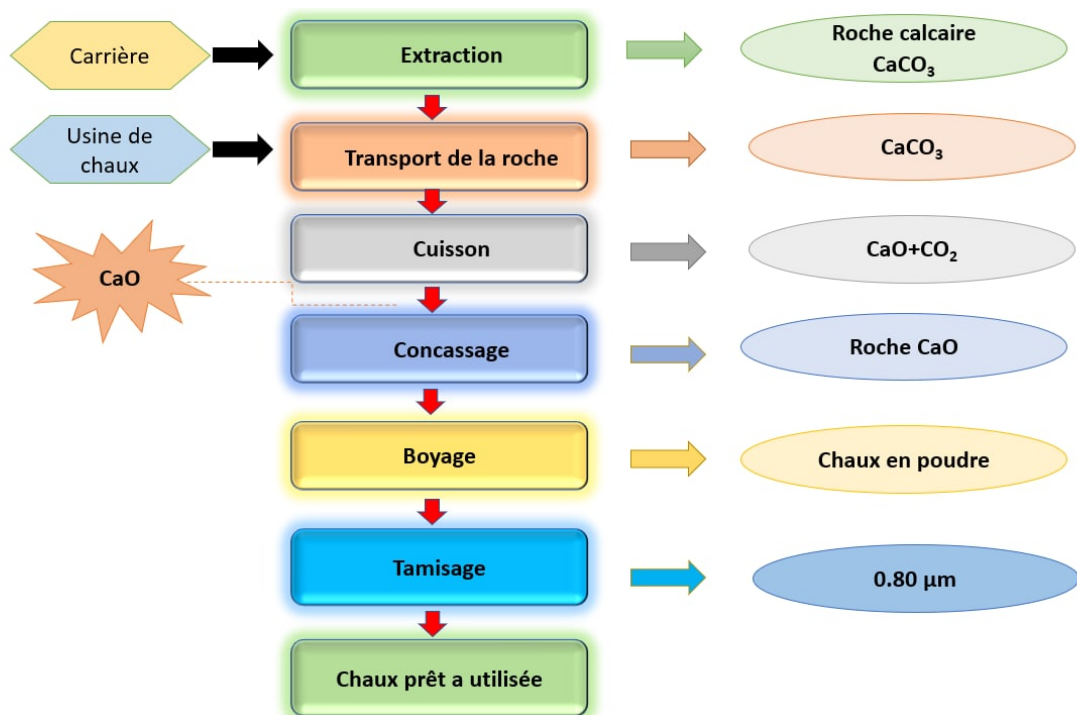


FIGURE 3.4 – Cycle de la chaux artisanale

3.2.2 Deuxième étape : Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur de grains constituant l'échantillon de la chaux. l'opération de tamisage d'échantillon se fait à l'aide d'une série de tamis empilés les uns dans l'autre, ayant les dimensions de (500 à 80 μm) à été réaliser au niveau de laboratoire génie civil de de L'université de Ghardaïa. La dimension des ouvertures est décroissante du haut en bas, chaque tamis donne deux produits, refus partielle et un produit passant à travers le tamis appeler le passant et un produit restant sur la surface du tamis appelé le refus.

Une fois les analyses granulométrique est achevée 0.8 μm . L'échantillon est soumis à des analyses caractéristiques physico-chimique.

Caractérisation physico-chimique de la chaux utilisée

Les tests d'identification, sont réalisés au niveau de laboratoire des travaux publics de sud LTPS :

Essai de chlorures On a suivi les étapes suivantes :

- Peser deux creusets vides.
- Peser (50g) d'échantillons dans chaque creuset.
- Mettre les échantillons dans les béchers et ajouter (250ml) d'eau distillée.
- Agitation pendant 2 heures.
- filtrer les échantillons.
- Prendre (250ml) de solution et sépare chaque bécher à deux béchers pour faire deux essais.
- Ajuster le pH (6.5 - 7)
- Ajouter des gouttes d'indicateur ($KCrO_4$).
- Dosé la solution avec ($AgNO_3$).
- Changement de la couleur à rouge brique.
- $V =$ volume verser de ($AgNO_3$) \leftrightarrow %Cl
- On calcul (%) $NaCl$ par la relation suivante : (%) $NaCl = 1.64 \times$ (%) Cl

Essai de carbonate

- Prendre 50 g d'échantillons

- Ajouter 250 ml d'eau distillée
- Ajouter l'indicateur colorée $C_{20}H_{14}O_4$
- Coloration en rose juste après l'ajoute de l'indicateur donc $CaCO_3(\%) = 0\%$

Essai de la Densité

- Brosser l'échantillon (roche) et sécher à 105 °C
- Peser l'échantillon et noter sa masse m_s
- Paraffiner l'échantillon à l'aire libre et noter m_p
- Procède à la pesée hydrostatique

La masse volumique sèche est donnée par la formule suivante :

$$Pd = \frac{m_s(t)}{V(m^3)}$$

avec :

$$V = V_b - V_n$$

$$V_b = m_p - m_r \text{ et } V_n = V_b - V_m$$

Indice de gonflement

- Couper dans la partie représentative de la chaux limitée par deux plans parallèles et d'épaisseur supérieure au palier choisi pour l'essai.
- Carotter l'échantillon avec soin au moyen de la bague œnométrique, et araser les deux faces parallèles de la bague ou de l'enceinte puis peser l'ensemble (Bague + éprouvette).
- Les disques drainant sont saturés avant l'essai pour les chaux
- Afin de ne polluer pas les disques drainants au cours de l'essai par les éléments fins, mettre les papiers filtres.

Tableau des résultats les resultat de cracteresation est donner par tableaux 3.1

3.3 Technique de prélèvement

Avant de commencer le prélèvement il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau distillée. L'échantillon est prélevée au niveau de l'entrée et la sortie de la STEP on a respectons certaine précaution :

TABLE 3.1 – Resultat des essais

| Paramètre | Chaux locale |
|--------------------------------|--------------|
| $CaCO_3$ (%) | 0 |
| (%)Cl | 0.42 |
| (%)NaCl | 0.068 |
| Indice de gonflement (bar) | 4.10 |
| Densité spécifique (t/m^3) | 1.36 |
| Colleur | Blanche |

- Éviter de prélever dans les zones mortes, les obstacles et on évitant la remise en suspension des dépôts.
- Les prélèvements seront effectués dans des flacons étiquetés bien propres en polyéthylène.
- Toutes les échantillons prélevés seront transportés vers le laboratoire de la station dans un temps ne dépassant pas 30 min pour réaliser les analyses physico-chimiques.

Le tableau 3.2 représente les paramètres analysés au niveau de la station de la STEP.

TABLE 3.2 – Jour de prélèvement et paramètres à analyser

| La campagne | Les points de prélèvement | Paramètres analysées |
|---------------|---|--|
| De 16/03/2022 | Eau usée épurée sortie de STEP | PH , CE , NO_3^- , NO_2^- , Salinité NH_4^+ , DBO_5 , MES , DCO |
| De 16/03/2022 | Eau usées épurée après l'addition de la chaux | PH , CE , Salinité , DBO_5 , DCO , MES , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ |

3.3.1 Traitement de l'échantillons par la chaux

Pour le traitement de l'échantillon d'eaux usée par la chaux locale , nous avons suivi les paramètres fixés par optimisation, à savoir une vitesse d'agitation de 50 tr/min, durant

10 min à une doses habituelles de 600 mg/1 ([48]).

3.4 Paramètre physico-chimique analysée

L'analyse physico-chimique de l'échantillon a été effectuée dans laboratoire de STEP de Keff-Edukhan.

Potentiel d'Hydrogène pH

Dans la mesure du pH on utilise la méthode électrométrie dont le principe est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et électrode d'éréférence. Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. La mesure de pH s'effectue sur place de préférence.

Conductivité électrique (CE)

Détermination directe, à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique de solution aqueuse.

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend :

- De la concentration des ions
- De la nature des ions
- De la température de la solution
- De la viscosité de la solution.

Matières en suspension (MES)

Les MES représentent les pollutions particulières, qui sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal). La mesure de MES est effectuée plusieurs fois selon les normes EN, par la méthode de filtration est donné par l'expression suivante :

$$MES = \frac{(M_0 - M_1) * 1000}{V}$$

Où :

V : le volume en ml d'échantillon utilisé.

M_0 : la masse en mg du disque filtrant avant utilisation (avant étuvage).

M_1 : la masse en mg du disque filtrant après utilisation (après étuvage). La concentration de MES de l'eau épurées est mesuré directement à l'aide d'un spectrophotomètre.

[20] [13]

Nitrite NO_2^-

Le mode opératoire consiste à :

- Prélever 0, 2 ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette jaugée
- L'ajouter à la solution LCK 342
- Faire une agitation légère et laisser la solution se reposer pendant 10 min
- Introduire la cuve remplie par l'échantillon à mesurer après l'essuyer dans l'appareil spectrophotomètre et appuyer READ

Azote Ammoniacale NH_4^+

Le mode opératoire consiste à :

- Prélever 0.2 ml de l'eau épurée ou l'eau brute à l'aide d'une pipette jaugée
- L'ajouter à la solution LCK 303
- Faire une agitation légère et laisser la solution se reposer pendant 15 min
- Introduire la cuve remplie par l'échantillon à mesurer après l'essuyer dans l'appareil spectrophotomètre et appuyer READ

Nitrate NO_3^-

Le mode opératoire consiste à :

- Prélever 1 ml de l'eau épurée ou l'eau brute à l'aide d'une pipette jaugée
- L'ajouter à la solution LCK 339
- Ajouter 0.2 ml de la solution A à la solution LCK 339
- Faire une agitation légère et laisser la solution se reposer pendant 15 min
- Introduire la cuve remplie par l'échantillon à mesurer après l'essuyer dans l'appareil spectrophotomètre et appuyer READ

Eau épurée utilisées

La qualité de l'eau usée (Fig. 3.5) variée d'une région à une autre , selon leur nature et l'origine dans la présente étude, on a utilisé les eaux de l'aval de la station d'épuration

de 'Keff- eldukhan - El-Atteuf – Ghardaia'



FIGURE 3.5 – Eau épurée utilisées (**Photo originale**)

Demande biochimique en oxygène DBO_5

La demande biochimique en oxygène après cinq jours d'un échantillon, est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies présents dans cet échantillon. [49] La détermination de la DBO_5 est faite plusieurs fois selon les normes AFNOR, suivant la méthode manométrique, sur des échantillons non dilués [50].

Demande chimique en oxygène DCO

Elle représente la concentration exprimée en mg/l d'oxygène équivalent à la quantité de dichromates consommée par la matière dissoute et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant, dans les conditions des normes [29].

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la matériaux utilisé dans la purification par la chaux de l'eau usée de la STEP de Keff-Edoukhan. Ensuite, nous expliquons la méthode de synthèse et d'utilisation du produit dans cette procédure

Chapitre 4

Résultat et discussion

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des mesures des différentes analyses que nous avons faites. Après le traitement de l'eau usée (sortie de STEP) et après l'addition de notre produit (chaux).

Notez que nous avons codé les figures comme suit :

- **N_{inf}** : Norme inférieur
- **N_{sup}** : Norme supérieur
- **E.S** : Eau Sortant de la STEP
- **E.S.T** : Eau Sortant Traitée
- **N** : Norme

4.1 Analyse physico-chimique

4.1.1 Oxygène Dissous (*OD*)

La concentration de l'oxygène dissous variée selon l'aération des eaux. Selon le figure ci-dessous 4.1 l'eau brute sortant de la station cette concentration est 2 (mg/l) (avant traitement) quant à l'eau traitée, elle a augmenté jusqu'à 5,68 (mg/l).

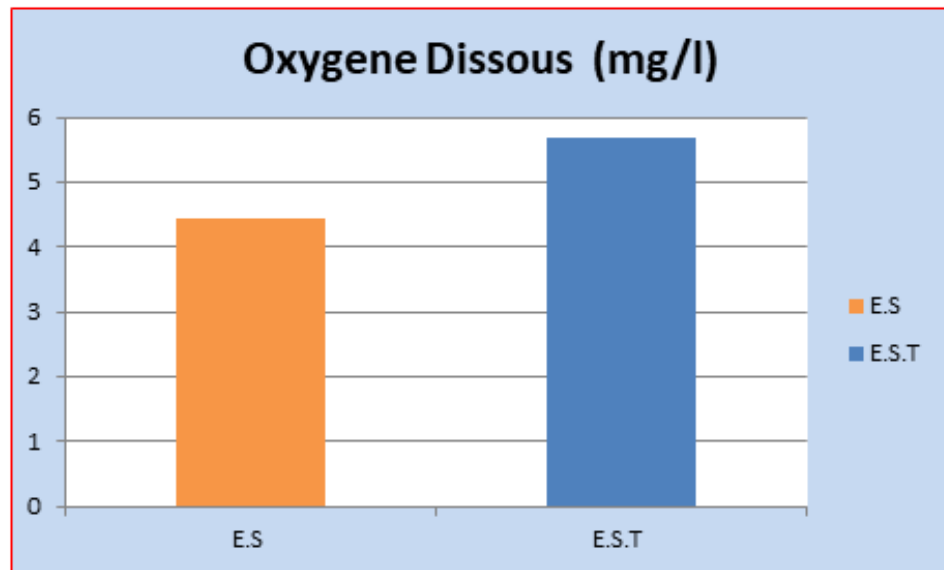


FIGURE 4.1 – Oxygene dissoudre

4.2 Conductivité électrique(CE)

La valeur de la conductivité nous informe sur la qualité des sels dissous dans les eaux usées brutes étudiées, la conductivité électrique de la STEP keff-Eldoukhan comme nous montre le figure ci-dessous 4.2 il y a qu'il y a diminution de la valeur de la conductivité de 3 170 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à la sortie de STEP jusqu'à 2800 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) montrant ainsi une efficacité de traitement par la chaux. Malgré qu'il n'y a pas une limite normalisé pour les eaux usées.

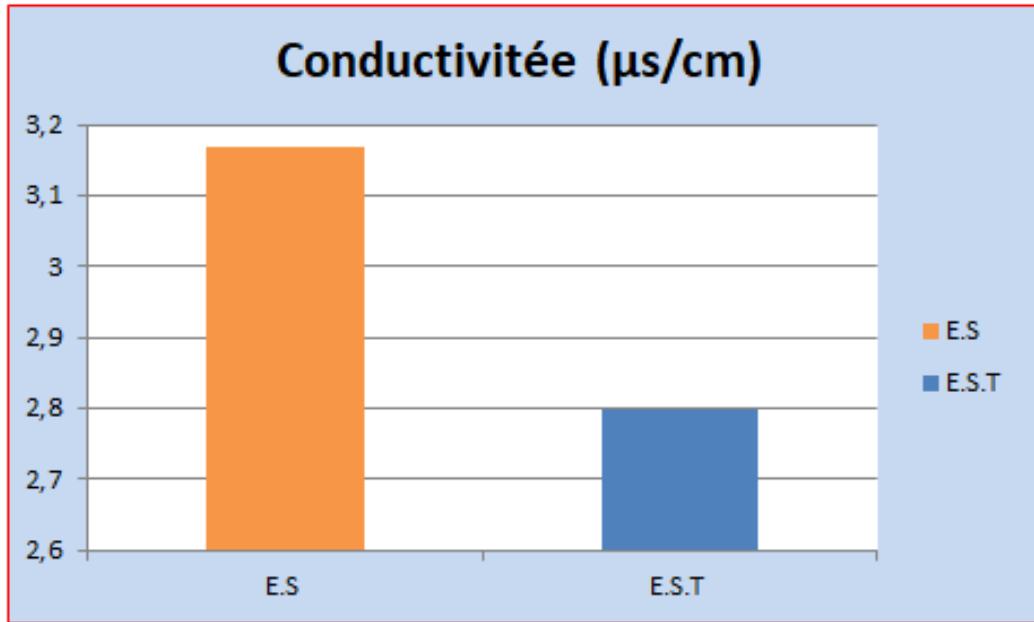
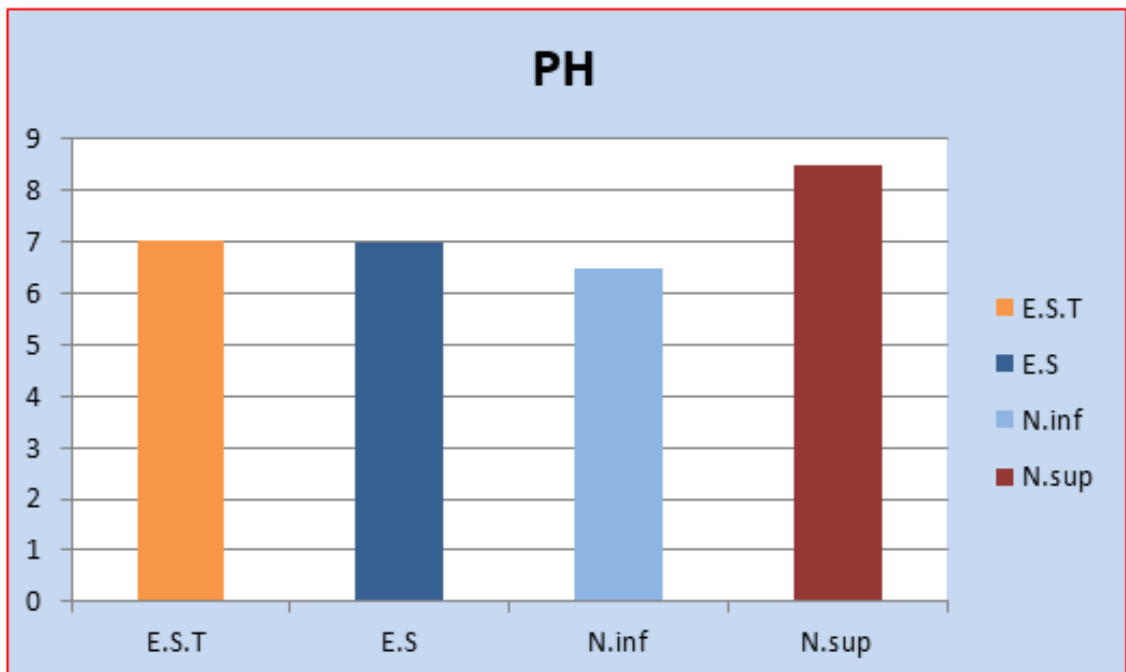


FIGURE 4.2 – Variation de conductivitee

4.3 Potentiel Hydrogène pH

FIGURE 4.3 – Variation de pH

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces

eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 (mg/l) à 7,5 (mg/l). D'après le figure ci-dessus 4.3 présentant la variation du pH on trouve qui il n'y a pas une variation remarquable pour le potentiel hydrogène entre l'échantillon de la sortie de la STEP est celle après traitement qui sont successivement 6,98 (mg/l) et 7.03 (mg/l) et cette valeur reste toujours dans la norme .

4.4 Salinité

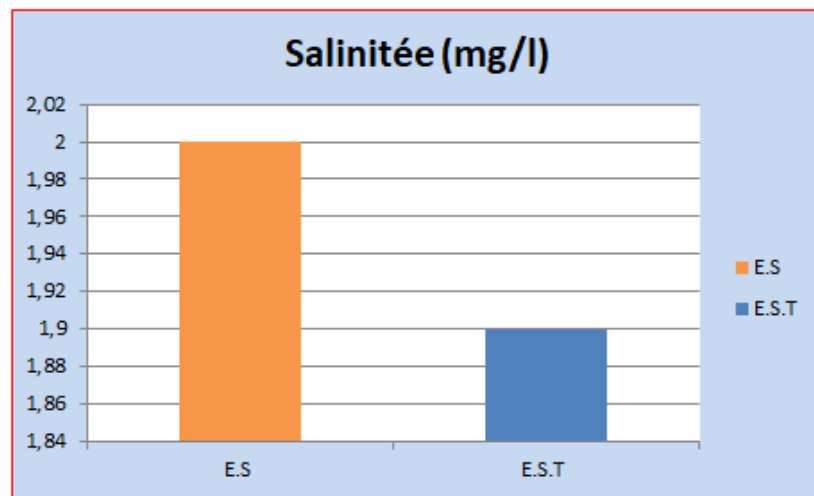
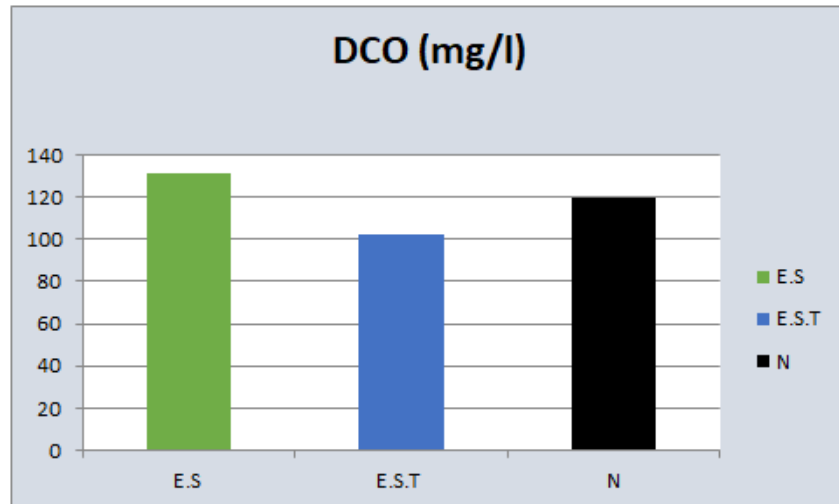


FIGURE 4.4 – Variation de Salinité

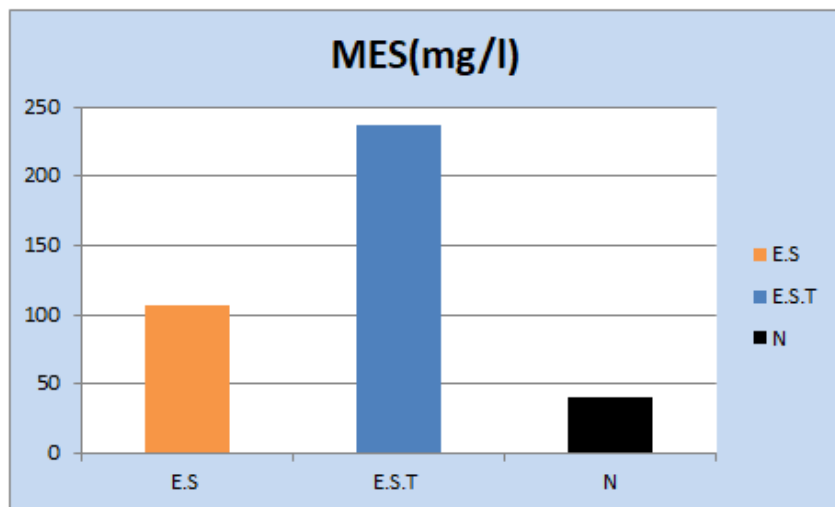
Les résultats de salinité expriment la quantité des sels dissous contenu dans l'eau, elle suit la variation de la conductivité. D'après l'historgramme 4.4 on remarque une abaissement de 2 (mg/l) à 1.9 (mg/l) après traitement.

4.5 Demande chimique en oxygène (*DCO*)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale [18]. la teneur de DCO pour L'eau sortie brut selon la figure 4.5 ci-dessous est 131 (mg/l), elle est supérieur à celle de l'eau traité par la chaux locale 102 (mg/l). Cette valeur reste inférieur et réponde aux normes algériennes de rejet 120 (mg/l).

FIGURE 4.5 – Variation de *DCO*

4.6 Matière en suspension (MES)

FIGURE 4.6 – Variation de *MES*

La chaux vive dans l'eau usée est permet ainsi la coagulation des matières particulaires et de certains métaux. De plus, il génère typiquement plus de boues que les autres coagulants. Cette théorie s'exprime dans notre expérience figure 4.6. On a trouvée 107 (mg/l) dans l'eau sortant de la station et elle est devenu 237 (mg/l) après traitement donc confirmant l'effet coagulant de la chaux, ce qui nécessite un flocculant et une filtration pour arriver à la norme.

4.7 Azote Ammoniacale (NH_4^+)

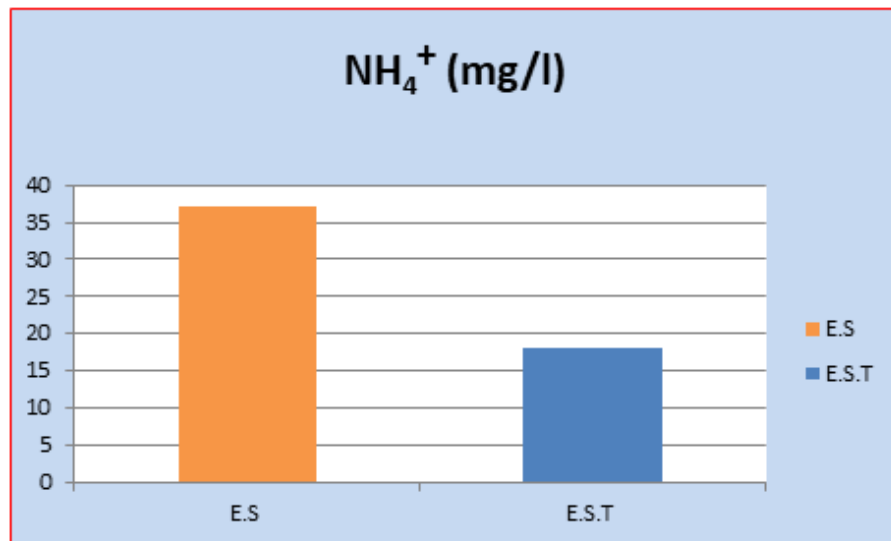


FIGURE 4.7 – Variation de NH_4^+

Selon les résultats obtenus et le graphe 4.7 , la valeur de l'azote ammoniacal d' échantillon d'eau épurée de la sortie de STEP est de l'ordre de 37,1 (mg/l). Cette dernière est supérieure au valeur d'échantillon traitée, on trouve une diminution remarquable de la concentration en NH_4^+ 18 (mg/l) , malgré que il y a pas une norme limitant cet élément dans les effluents.

4.8 Nitrite (NO_2^-)

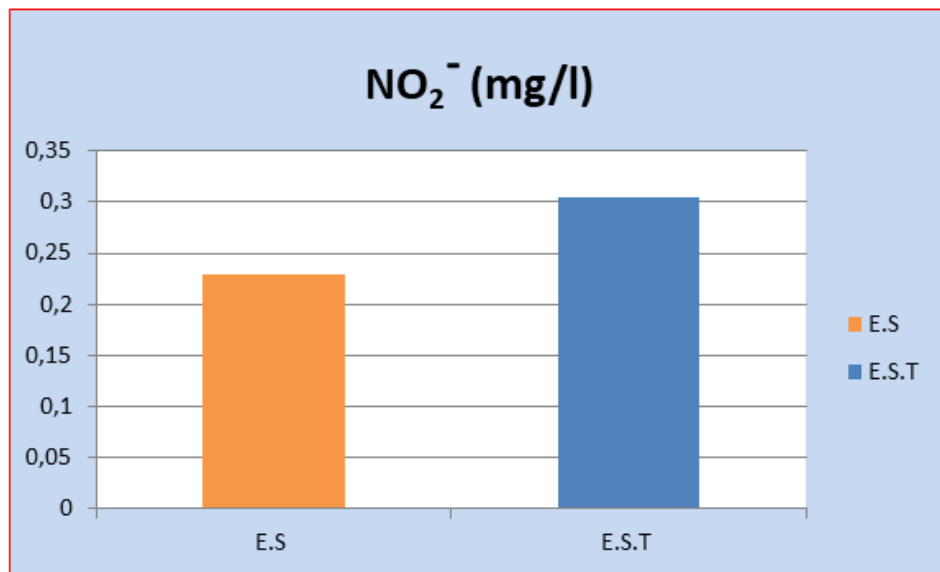


FIGURE 4.8 – Variation de NO_2^-

Le nitrite sont une forme intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates à partir de la figure 4.8 de nitrite une augmentation léger de la valeur de nitrite est apparue de l'eau usée épurée à l'eau traité soit respectivement 0,229 (mg/l) à 0,305 (mg/l) qui indique soit une oxydation de l'ammonium ou une réduction des nitrates.

4.9 Nitrate(NO_3^-)

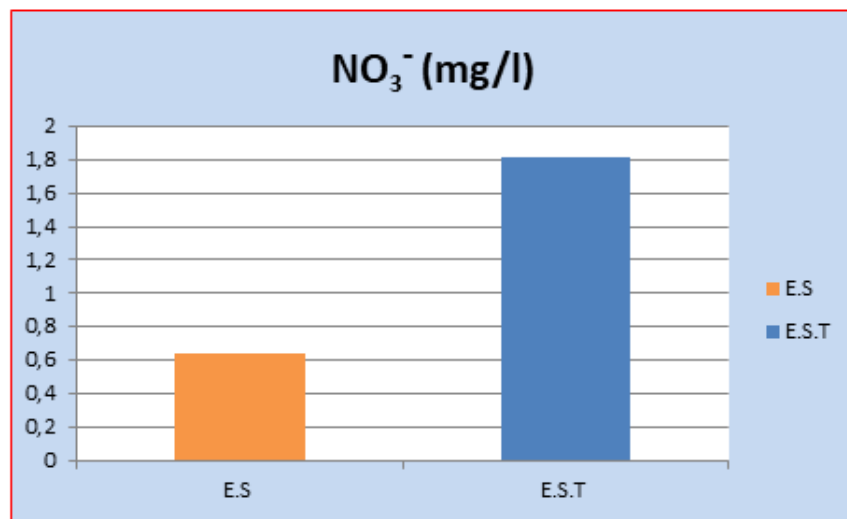


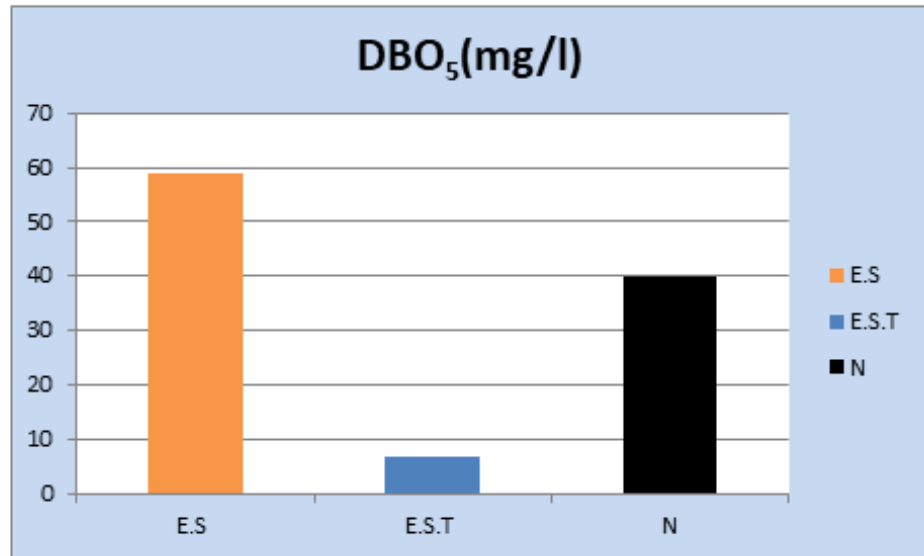
FIGURE 4.9 – Variation de NO_3^-

La concentration de nitrate a partir le figure 4.9 ci-dessous l'eau épurées sortant de la STEP est faible 0.64 (mg/l) celle-ci après le traitement par la chaux locale a atteint 1,81 (mg/l). Ce qui peut être dû au cycle d'azote, malgré qu'il n'y a pas une norme limite pour les dérivées azotée.

4.10 Demande Biologique en Oxygène en 5 jours DBO_5

La demande biologique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données. (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air) on parle alors de la DBO_5 .

On constate a partir la figure ci-dessous 4.10 que Les valeurs de pollution organique exprimée en DBO_5 pour l'eau épurée de STEP keff-eddoukhan est 59 (mg/l), cette valeur sorte de la plage de référence pour les eaux usées 35 (mg/l) A.1. Et pour les eaux usées traitée avec la chaux locale la valeur atteint 7 (mg/l) à partir les résultats obtenus on peut voir que l'effet de la chaux locale est efficace et répondent aux normes algériennes de rejet.

FIGURE 4.10 – Variation de DBO_5

4.11 Conclusion

Cette étude peut confirmer l'existence et l'efficacité de traitement tertiaire et de la désinfection à l'aide de la chaux est réussi pour améliorer la qualité de l'eau traitée sortant de la station de Keff-Eldoukahn STEP.

Conclusion générale

Suite à notre étude réalisée sur le traitement des eaux usées de la région de Ghardaïa dans la station de Keff-edukhan à l'aide de CaO , chaux existant localement dans la zone industrielle.

Et pour réduire le pourcentage de polluants dans ces eaux usées à la sortie de la station d'épuration. Nous avons procédé aux analyses physico-chimiques au laboratoire des travaux publics de sud pour en déterminer les propriétés. Les résultats ont décelait un échantillon pur exempt de carbonate. Cet échantillon de la chaux vive est appliqué dans le traitement d'eau usée où l'expérience consiste à ajouter un échantillon de chaux aux eaux usées prélevées à la sortie de la station d'épuration selon les conditions suivantes : une dose efficace de 600 mg/l de CaO , le diamètre des grains de chaux est inférieur à 80 μm avec faible vitesse d'agitation d'environ 50 tour par minute et le temps d'agitation 10 minutes. Les résultats enregistrés dans les graphiques montrent une amélioration significative des performances concernant les paramétrés : pH (6.98 à 7,03), CE (3170 $\mu s/cm$ à 2800 $\mu s/cm$) , $Salinite$ (2 mg/l à 1.9 mg/l) , OD (2 mg/l à 5,68 mg/l) , NH_4^+ (37,1 mg/l à 18 mg/l) , DBO_5 (59 mg/l à 7 mg/l) , DCO (131 mg/l à 102 mg/l) par contre, des résultats indésirable sont apparus concernant : NO_3^- (0.64 mg/l à 1,84 mg/l), NO_2^- (0,229 mg/l à 0,305 mg/l).

D'après les résultats obtenus, nous pouvons conclure que la chaux vive locale a un effet positif dans la réduction de certains polluants. L'augmentation de MES a partir de 107 mg/l à 237 mg/l indiquant un effet coagulant qui peut être éliminé par filtration. Pour accrédié ce traitement, cet étude doit être suivi par d'autre essai avec la disponibilité de matériel et des réactifs.

Bibliographie

- [1] ONA. Projet d'assainissement de station d'épuration keff-al dukhan (office national de l'assainissement).
- [2] Ramiaramananana FANAMBINANTSOA and Ange MICHAËLLA. Contribution a l'étude de la production de la chaux a l'échelle artisanale : cas d'un four intermittent, 2016.
- [3] R. Frank SPELLMAN. *The science of water : concepts and applications*. CRC Press, 2nd ed edition, 2008.
- [4] *Atlas des poissons d'eau douce de France - Philippe Keith , Jean... - Librairie Eyrolles*.
- [5] Le cycle de l'eau : le voyage de l'eau à travers la terre | centre d'information sur l'eau, 2017. URL : <https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/cycle-de-leau/> [Consulté le 29/03/2022 à 20 :42].
- [6] Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, cas de step est de ville de Tizi_ouzou.
- [7] (S.) BAUMONT, BAUMONT (S.), CAMARD (J.P.), LEFRANC (A.), and FRANCONI (A.). *Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France*.
- [8] et Alain MÉNESGUEN et Yves SOUDON et Morgane LE MOAL et Alix LEVAIN et Claire ETRILLARD et Florentina MOATAR Alexandrine PENNARD Pinay, Ali-Chantal Gascuel and Philippe SOUCHU. *L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité*. Matière à débattre et décider. Éditions Quae, 2018.
- [9] Sofiane AOULMI. Conception de la station d'épuration dans la ville d'eddine (w. ain defla). 2007.

- [10] Ali BENDIDA, Abdellatif EL-BARI Tidjani, ABDELKADER Badri, Mohamed Amine Kendouci, and Mohamed Nabou. Treatment of domestic wastewater from the town of bechar by a sand filter (sand of beni abbes bechar algeria). pages 825–833, 2013.
- [11] Richard CLAUDE. *Les Eaux, les bactéries, Les hommes et les animaux*. Elsevier, 1996.
- [12] Jacques MAYET. *La pratique de l'eau : traitements de l'eau aux points d'utilisation, comportement de l'eau dans les installations, origine des désordres et solutions*. Collection "Moniteur" technique. Le Moniteur, 2e éd. mise à jour edition, 1994.
- [13] R VAILLANT J. *Perfectionnements et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires - Eaux usées urbaines et eaux usées industrielles*. du B.C.E.O.M. Eyrolles, 1974.
- [14] Faiza MEKHALIF. Reutilisation des eaux résiduaires industrielles epurees comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. page 158, 2009.
- [15] S. HENA, H. ZNAD, K.T. HEONG, and S. JUDD. Dairy farm wastewater treatment and lipid accumulation by arthrospira platensis. pages 267–277, 2018.
- [16] A MIZI. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de bejaia et valorisation des déchets oléicoles. 2006.
- [17] Botta ALAIN et Laurence BELLON. "pollution de l'eau et santé humaine". laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. 2001.
- [18] Jean RODIER, Bernard LEGUBE, and Nicole MERLET. *L'analyse de l'eau*. Dunod, 2009.
- [19] S MEHANNED, A CHAHLAOUI, A ZAID, M SAMIH, and M CHAHBOUNE. "typologie de la qualité physicochimique de l'eau du barrage sidi chahed-maroc [typology of the physic-chemical quality of the waters of the dam sidi chahed-morocco]". 2014.
- [20] Jean RODIER et Collab. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (8e ed.)*. Dunod, 1996.
- [21] F LADJEL. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau de centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-boumerdes, 2006.
- [22] Fethia HOUASNI and Sabrina BENSMAILI. Evaluation de la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de ain defla. page 121, 2018.

- [23] Raymond DESJARDINS. *Le traitement des eaux*. ed. de l'Ecole polytechnique de Montréal, 2ème éd. rev. et améliorée édition, 1997.
- [24] Mohamed Seifeddine ZEGHOUD. Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra, 2014.
- [25] Sophie VANDERMEERSCH. Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, 2006.
- [26] J. C. BOEGLIN. Traitements physico-chimiques de la pollution soluble. page 18 p., 2002.
- [27] Sidi Mohamed TELLI . Etude sur la valorisation par séchage solaire des boues d'épuration des eaux urbaines – cas de la station d'office nationale d'assainissement (ona)- tlemcen, 2013.
- [28] Mohammed el amine BOUMEDIENE. Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues actives : cas de la step ain el houtz, 2013.
- [29] J. MONOD. *Memento technique de l'eau*. Degrémont, 9. éd édition, 1989.
- [30] Dounia SELLAOUI and Aicha BOUDAOU. Etudes des paramètres de fonctionnement de la station d'épuration de msila - sécheresse info, 2019.
- [31] Abdelkader GAÏD. *Epuration biologique des eaux usées urbaines*. Office des publications universitaires, 1984.
- [32] Joseph PRONOST, Rakha PRONOST, Laurent DEPLAT, Jacques MALRIEU, and Jean-Marc BERLAND. Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. page 86, 2002.
- [33] Emilian KOLLER. *Traitement des pollutions industrielles : eau - air - déchets - sols - boues*. L'usine nouvelle, environnement et sécurité. DUNOD. Paris, 2004.
- [34] Leila MIMECHE. Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejets urbains par les filtres plantés en milieu aride -application à la région de biskra, 2014.
- [35] R. D. Rodarte, J. R. et Hubmayr. The effects of positive expiratory pressure on iso-volume flow and dynamic hyperinflation in patients receiving mechanical ventilation. (3) :621–626.
- [36] B MÉOT and B ALAMY. *Les eaux usées urbaines règlementation des rejets urbaines traitement de définition par géo-épuration*. 1990.

- [37] Céline PERNIN. Epanchage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral : étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*quercus suber* l), 2003.
- [38] Sana BENMOUSSA and Imane GASMI. Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (cas de la région de m'rara) mémoire de fin d'étude, 2015.
- [39] MAX L. SPEALMAN RICHARD J. STENQUIST et FRED J. ZADICK Denny PARKER et S DENNY, Louis O. Britt. *Lime use in wastewater treatment : design and cost data.* 1975.
- [40] Cours matériaux de construction chapitre iii : Les liants minéraux, 2022. URL : http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/benabid-abderrahmane/files/chapitreiii_les_liants.pdf [Consulté le 29/03/2022 à 20 :42].
- [41] Chapitre 3 les, liants minéraux, 2022. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8uIWN7u73AhVUG_OHHWEpCQYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.exoco-lmd.com%2Fmat%C3%A9riaux-de-construction%2Fcours-les-mat%C3%A9riaux-de-construction%2F%3Faction%3Ddlattach%3Battach%3D7201&usg=A0vVaw0QUKefUh-yu7yZTG_1DLax [Consulté le 29/03/2022 à 20 :42].
- [42] Chaux michel boehm - caractéristique. techniques. URL : <http://chauxboehm.fr/renseignements/caract-techniques/> [Consulté le 29/03/2022 à 20 :42].
- [43] Mme ROUEL and Malala TAHIRY. cours « compte rendu liants minéraux : la chaux ».
- [44] Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du continental intercalaire dans la wilaya de ghardaïa, rapport de l'agence nationale des ressources hydrauliques. page 9, 2010.
- [45] Agence nationale des ressources hydrauliques etude de faisabilité du lagunage sur les hauts plateaux. page 13p, 1996.
- [46] H. Khattabi and Mania Jacky. Evaluation de l'impact des lixiviats d'une décharge d'ordures mnagères sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un ruisseau de franche-comté. 24 :1-4, 2002-01-01.

- [47] Giorgio TORRACA. *Matériaux de construction poreux : Science des matériaux pour la conservation architecturale*. iccrom technical notes. iccrom, 1986.
- [48] N LASKRI, M OUCHEFOUN, and N NEDJAH. Etude de clarification et desinfection d'une eau residuaire urbaine(ville de annaba) par la chaux locale. 10(17) :9, 2006.
- [49] Franck REJSEK. *Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques*. Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 2002.
- [50] Marc SATIN et Béchir SELMI. *Guide technique de l'assainissement*. Editions du moniteur. Paris, 1999.
- [51] Adama Ndao. Procédés de fortification, de floculation et de formulation dans la production de biopesticide à partir des eaux usées d'industrie d'amidon à base de bacillus thuringiensis var. kurstaki., 2018.
- [52] Z HADJOU BELAID. Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'ain el houtz, 2013.
- [53] Boue activée : définition et explications. URL : <https://www.techno-science.net/definition/1068.html> [Consulté le 29/03/2022 à 20 :42].
- [54] Soror DEKHIL. Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de bordj bou arreridj en algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées, 2012.

Annexe A

ANNEXE



FIGURE A.1 – Eau sortant de STEP keff –Eldoukhan



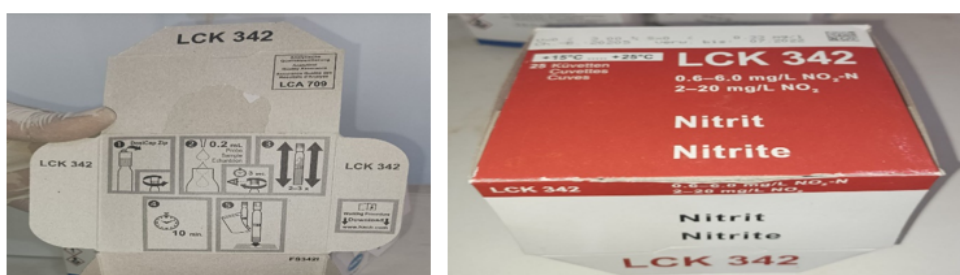
FIGURE A.2 – Appareil : Conductivitémetre

TABLE A.1 – Normes des effluents rejetés en Algérie

| Paramètres | Unité | Valeurs maximales |
|-------------------------------------|-------|-------------------|
| Température | C° | 30 |
| pH | - | 6.5-8.5 |
| MES | mg/l | 40 |
| DBO5 | mg/l | 35 |
| DCO | mg/l | 120 |
| Azote khjeldahl | mg/l | 30 |
| Phosphore totale | mg/l | 10 |
| Cyanures | mg/l | 0,1 |
| Aluminiums | mg/l | 3 |
| Cadmium | mg/l | 0,2 |
| Plomb | mg/l | 0,5 |
| Cuivre | mg/l | 0,5 |
| Fer | mg/l | 3 |
| Manganèse | mg/l | 1 |
| Mercure | mg/l | 0,01 |
| Nickel total | mg/l | 0,5 |
| Huile et graisse | mg/l | 20 |
| Hydrocarbure | mg/l | 10 |
| Composés organique chlorés | mg/l | 5 |
| Substance toxique bioaccumulable | mg/l | 0,005 |
| Fluore et composés | mg/l | 15 |
| Indice de phénol | mg/l | 0,5 |
| Civre totale | mg/l | 1 |
| Chrome totale | mg/l | 0,5 |
| Etain totale | mg/l | 2 |
| Zinc totale | mg/l | 3 |



FIGURE A.3 – Determation de MES

FIGURE A.4 – Protocole de détermination Nitrite NO_2^- FIGURE A.5 – Protocole de détermination de Azote Ammoniacale NH_4^+

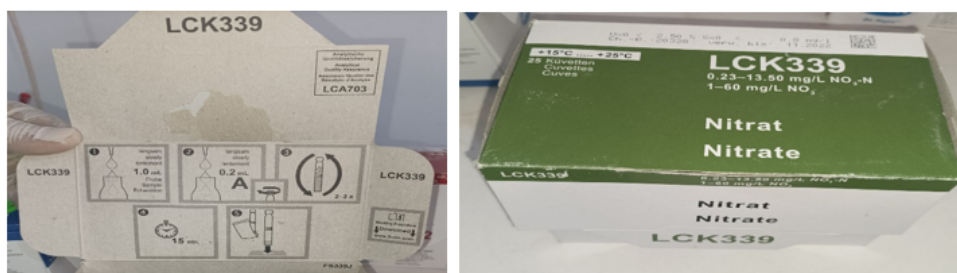


FIGURE A.6 – Protocole de détermination de Nitrate NO_3^-



FIGURE A.7 – Appareille de spectrometre pour determiner DCO



FIGURE A.8 – Usine artisanale de production de chaux