



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمّة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

N série:.....

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

THEME

**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et
bactériologique de l'eau épurée
(STEP N° 01 KOUININE)**

Présenté Par :

- ZEGHDANA Ikram
- MESSOUS Chames El-Houda
- KROUIDRI Kouider
- ALLAL Abderrahmane

Devant le jury composé de :

Président :	Dr. LAICHE Omar Touhami	Université d'El Oued.
Examineur :	Dr. SAADI Hamza	Université d'El Oued.
Promoteur :	Mr. KIRAM Abderrazak	Université d'El Oued.

Année universitaire 2022/2023



Remerciements

Avant tout , nous remercions notre créateur Allah tout puissant qui nous a courage et donné la santé pour réaliser ce travail .

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude au superviseur Mr: **KIRAM Abderrazak** .

Nous adressons nos remerciements aussi aux membres du jury pour avoir accepté de juger et examiner ce travail

Dr : LAICHE Omar Touhami

Dr : SAADI Hamza

Nous adressons nos sincères remerciements au chef service de l' ONA d' El-oued **HOURI Yousef** et au laboratoire **SAI Khawla**

Nous remercions également chef service de l'ADE d' El-oued **BELABASI Ali** et dans laboratoire **ZAITOUNI Abderrazak** .

Enfin , un grand merci à tous professeurs

Dr : BEN OMER Arbi , BEN OMER Salah , DJOURONI Saïd , TLILI MOHAMED Laid , LAICHE TOUHAMI Ammar , BOURAS Baya .



Dédicace



لم تكن الرحلة قصيرة وال حلم قريب ولكني فعلتها الحمد لله
:اهدي عملي هذا ونجاحي الى احبتي وابدا ب

الي يد الخفية ومصدر القوة والدعم الى العظيمه **امي الزهرة** بكل حب

وشغف

ثم الى من احمل اسمه بكل فخر سندي واتكائي **ابي عبد الرحمان**

والي اجملهن اخوات انتصار, فوزية

ثم الى الممتنان والعون اخوتي جمال , عاشور, ادم , بدر الدين , ياسين

والي اجمل هدايا الانتظار جواد

واختم بأفضل الاصدقاء تقوى , يسرى , اخلاص , شمس الهدى

ماكنت الصل لوال فضلکم من بعد الله

Dédicace

وماتوفيقي الا بالله ربي العالمين

ان كان لي فضل بعد فضل ربي لوصولي هذه المرحلة فهو من دعاء

و إصرار جدي و جدتي السابق موتهما

والفضل الدائم لابي والدعاء المخلص لامي اقدم اول شكري لهم

ثم صحتي واجتهادي

, اود شكر اخوتي طالما وقفوا واجتهدوا معي حذيفة ، سيف الاسلام

اسامة ويوسف

واخواتي غزة وسارة

ولابد من شكري لعمي الاصغر قويدر

ثم الى كل عائلتي مسوس و دقاشي

والشكر الاخير لرفيقة رحلة النجاح صديقتي الدائمة اكرام زغدانة

Chames El-Houda

Résumé

Comme l'Algérie est considérée un pays en situation sujette à la pénurie d'eau, un manque d'eau systématique apparaîtra dans les agglomérations urbaines. La présente étude vise à évaluer les propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau traitée à la station STEP Kouinine d'El-Oued et sa réutilisation possible dans d'autres zones.

Les résultats des différentes analyses de l'effluent, effectuées sur une période de deux mois et comparable avec trois mois de saisons différents de la dernière année. Les valeurs trouvées sont proches de la norme Algérienne précisée la **Conductivité** de Mars 5.4ms/cm ; **DBO₅** 41 mg/l au mois Février ; dans Mars **NH₄⁺** 40.6 mg/l et **Phosphate totale** 9.92mg/l au mois Février. Et en bactériologique qui étudie dans l'ADE a trouvé un charge bactérienne après l'épuration comme *Streptocoques fécaux* et *Escherichia coli* (*E. Coli*).

Tous ces résultats sont conformes aux critères de rejet pour l'utilisation optimale de l'eau usée et pour déterminer les exigences de qualité requises.

Mots clés : STEP KOUININE, Physico-Chimique, Eaux Epurée , Traitement Des Eaux Usées , Bactériologique , Réutilisation .

Abstract

As Algeria is considered a country in a situation prone to water shortage, a systematic lack of water will appear in urban agglomerations. This study aims to evaluate the physicochemical and bacteriological properties of the water treated at the STEP KOUININE station in El-Oued and its possible reuse in other areas.

The results of the various analyzes of the effluent, carried out over a period of two months and comparable with three months of different seasons of the last year. The values found are close to the Algerian standard specified the **Conductivity** of Mars 5.4ms/cm; **BOD₅** 41 mg/l in February; in March **NH₄⁺** 40.6 mg/l and **Total Phosphate** 9.92mg/l in February. And in bacteriological studying in the ADE found a bacterial load after purification as *faecal Streptococci* and *Escherichia coli* (*E. Coli*).

All these results comply with the discharge criteria for the optimal use of wastewater and to determine the quality requirements required.

Keywords : STEP KOUININE, Physiochemical, Purified Water, Wastewater Treatment, Bacteriological, Reuse .

ملخص

بما أن الجزائر تعتبر دولة معرضة لنقص المياه ، سيظهر نقص منتظم في المياه في التجمعات الحضرية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخواص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه المعالجة لمحطة معالجة المياه المستعملة بكوينين (STEP KOUININE) في الوادي وإمكانية إعادة استخدامها في مناطق أخرى.

نتائج التحليلات المختلفة لمياه الصرف ، التي أجريت على مدى شهرين ويمكن مقارنتها بثلاثة أشهر من مواسم مختلفة من العام الماضي. القيم التي تم العثور عليها قريبة من المعيار الجزائري المحدد موصلية شهر مارس 5.4 ms/cm ، في فبراير BOD_5 41mg/l ؛ في مارس NH_4^+ 40.6mg/l وإجمالي الفوسفات (PT) 9.92 mg/l في فبراير. وفي الدراسة البكتريولوجية في ADE وجدت حمولة بكتيرية بعد تنقيتها مثل المكورات العقدية البرازية والإشريكية القولونية (*E. Coli*) .

كل هذه النتائج تتوافق مع معايير الصرف للاستخدام الأمثل لمياه الصرف الصحي ولتحديد متطلبات الجودة المطلوبة.

الكلمات المفتاحية : محطة معالجة المياه المستعملة كوينين، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المياه المعالجة ، معالجة المياه العادمة، البكتريولوجي، إعادة الاستخدام.

Liste Des abréviations

ASTM : American Society for Testing Material

CE : Conductivité électrique.

Cond : Conductivité électrique

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

ERI : eaux résiduaires industrielles

FTU : Formazine Turbidity Unit

GPS : Global Positioning System.

H : Haydrogine

H₂O: Eau

JTU: Jackson Turbidity Unit

MES : Matière en suspension.

Moy : Moyenne.

NH₄⁺ : L'azote ammoniacal

NO₂⁻ : Nitrites

NO₃⁻ : Nitrates

Nt : L'azote total

NTU :Nephelometric Tirbidity Unit

O₂ : Oxygène

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office Nationalede l'Assainissement .

pH : Potentiel Hydrogène.

PO₄-3 : Phosphate

Pt : Phosphor total

Rs : Résidu sec.

SEQ-EAU : Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles.

STEP : Station de traitement des eaux pollué

T (C°) : Température en degrés Celsius.

µS/cm : Micro Siemens par Centimètre

µm: micromatre (1µm = 10⁻⁶ mater) **nm**: nanomater (1nm = 10⁻⁹ mater)

LIST DE FIGURE

Figure 01	La répartition de l'eau sur terre	5
Figure 02	Le cycle de l'eau	7
Figure 03	Les MES plus lourdes que l'eau tombent au fond	22
Figure 04	Représentation schématique du système de traitement anaérobie	24
Figure 05	Les boues activées : principe de traitement	26
Figure 06	Illustration des étapes de traitement	27
Figure 07	Evolution des capacités d'épuration	37
Figure 08	Station d'épuration des eaux usées Kouinine – El'Oued (Google map, consule 24/04/2017).	40
Figure 09	Carte de situation de STEP 01 Kouinine	41
Figure 10	schéma présenté station de lagunage aéré de STEP N°1 de Kouinine	42
Figure 11	Dégrillage	43
Figure 12	Dessablage	43
Figure 13	Répartiteur vers les bassins d'aération	44
Figure 14	Lagune aéré	44
Figure 15	Lagune de finition	44
Figure 16	Lit de séchage des boues	44
Figure 17	histogramme de variation de Température T°C d'eau brute, eau épurée et la norme.	55
Figure 18	histogramme de variation de Potentiel hydrique (pH) d'eau brute, eau épurée et la norme.	56
Figure 19	Histogramme de variation La conductivité électrique (Cond) de d'eau brute et eau épurée.	56
Figure 20	Histogramme de variation La Salinité (SAL) de d'eau brute et eau épurée.	57
Figure 21	Histogramme de variation L'oxygène dissous (O2) de d'eau brute et l'eau épurée et la norme.	58
Figure 22	Histogramme de la variation de la MES d'eau brute, eau épurée et la norme	58
Figure 23	Histogramme de la variation de la DCO d'eau brute, eau épurée et la norme	59
Figure 24	Histogramme de la variation de la DBO ₅ d'eau brute, eau épurée et la norme.	60
Figure 25	Histogramme de la variation de l'Azote Total NT d'eau brute, eau épurée et la norme.	61
Figure 26	Histogramme de la variation de l'Ammonium (NH ₄ ⁺) de d'eau brute, eau épurée et la norme.	61
Figure 27	Histogramme de la variation du Nitrite (NO ₂ ⁻) de d'eau brute, eau épurée et la norme.	61

Figure 28	Histogramme de la variation du Nitrate (NO ₃ ⁻) d'eau brute, eau épurée et la norme.	62
Figure 29	Histogramme de la variation du Phosphate Total PT d'eau brute, eau épurée et la norme.	63
Figure 30	Histogramme de la variation du Phosphate PO ₄ ⁺ d'eau brute, eau épurée et la norme.	63

Liste des Tableaux

N° de Tableau	Titre de tableau	N° de page
01	défirent types de dégrillages	20
02	Répartition des stations de traitement et d' 'épuration des eaux par région hydrographique	31
03	Matériel utilisé dans les analyses physico-chimiques et bactériennes dans un laboratoire L'ONA et de L'ADE	46
04	Tableau des résultats physico-chimique pour 2022 et 2023	56
05	Résultats Bactériologie des eaux épurée dans l'ADE 2023	66

Table des matières

TITRE	
Remerciements	
Dédicaces	
Résumés	
Liste des abréviations	
Listes des figures	
Listes des tableaux	
Introduction	
PARTIE THEORIQUE	
Synthèse Bibliographique	
Chapitre I: GENERALITES SUR LES EAUX	
I. Généralités sur les eaux	5
I.1 Définition de l'eau	5
I.1.2 Structure et composition chimique de l'eau	6
I.1.3 Propriété	6
I.1.4 cycle de l'eau (cycle nature)	7
I.1.5 Ressources de l'eau	7
I.2 Eaux usées	9
I.2.1 Définition des eaux usées	9
I.2.2 Origines des eaux usées	10
I.2.3 Composition des eaux usées	11
I.2.4 Pollution de l'eau usées	14
Chapitre II : L'EPURATION DES EAUX USEES	
II.1 L'épuration des eaux usées	19
II.2 L'importance du traitement des eaux usées	19
II.3 Pré-traitement	20
II.3.1 Dégrillage	20
II.3.2 Dessablage	21

II.3.3 Dégraissage ou déshuilage	21
II.4 Traitement primaire	22
II.4.1 Décantation	22
II.4.2 Coagulation-floculation	22
II.4.3 Filtration	23
II.5 Traitement secondaire	23
II.5.1 Traitement biologique	23
II.5.2 Traitement anaérobie de l'eau	23
II.5.3 Le traitement aérobie	24
II.5.4 Les traitements physico-chimiques	24
II.6 Traitement tertiaire	25
II.7 Traitement de boues	25
Chapitre III : REUTILISATION DES EAUX USEES	
III.1 La réutilisation des eaux usées	29
III.1.1 Dans le monde	29
III.1.2 En Algérie	30
III.2 Objectif	31
III.3 Les usages de la réutilisation des eaux usées traitées	32
III.4 La réutilisation des eaux usées et l'agriculture	32
III.5 Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation	33
III.5.1 Salinité	33
III.5.2 Alcalinité	33
III.6 La réutilisation des eaux usées et l'industrie	33
III.7 La réutilisation en zone urbaine	34
III.8 L'irrigation agricole par les eaux usées épurées	34
III.9 Réutilisation des eaux usées traitées (reut) en méditerranée	34
III.10 Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurées	34
III.10.1 Risque microbiologique	35
III.10.2 Risque chimique	35
III.10.3 Impact sur l'agriculture	35

III.10.4 Impact sur le sol	36
III.10.5 Impacts sur les cultures	36
III.11 Situation actuelle des eaux usées et leur réutilisation	36
III.12 Norme de réutilisation des eaux usées	37
PARTIE EXPERIMENTALE	
Chapitre I : PRESENTATION DE LA STEP	
I. Présentation de la STEP	40
I.1 Présentation de la station d'épuration STEP N°1	40
I.2 Situation géographique de la station d'épuration	41
I.3 Objectif de traitement de la station	42
I.4 Description de STEP N°1	42
I.5 Procédés d'épurations des eaux usées dans la station	43
Chapitre II : MATERIELS ET METHODES	
II.1 Période de stage	46
II.2 Matériels	46
II.3 Prélèvement et échantillonnage	47
II.4 Méthodes	47
II.4.1 Analyse des éléments physico-chimique	47
○ Analyses Bactériologiques	51
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	
III.1 Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau	56
III.1.1 Température (T°C)	57
III.1.2 Potentiel hydrique (pH)	58
III.1.3 La conductivité électrique (Cond)	58
III.1.4 Salinité (SAL)	59
III.1.5 L'oxygène dissous (O2)	60
III.1.6 Matières en suspension MES	60
III.1.7 Demande chimique en oxygène DCO	61
III.1.8 Demande biologique en oxygène DBO ₅	61

III.1.09 Matières azotées	61
III.1.10 les composés phosphorés	65
III.2 Résultats d'analyse Bactériologies	66
Conclusion	68
Références Bibliographiques	71
Annexes	80

INTRODUCTION

N

Introduction

L'eau est une ressource indispensable à la vie et à l'activité humaine et de ce fait utilisée par tous (**WUBDA M et al., 2017**) La pollution de l'eau décrit généralement introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité d'eau naturelle (**NSIKAK, 2008**). Ces polluants sont notamment une série d'éléments et des composés radioactifs y compris les éléments dérivés de l'uranium, le plutonium, le césium, et l'iode qui effet à l'organise humaine et l'enivrement à forme dangereuse (**BRIDGMAN, 2001**). Ça nécessite un bon traitement des eaux usées afin les utilise.

L'épuration des eaux usées s'avère une nécessité primordiale. Différents types de traitements : Les prétraitements Ils permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Ce sont le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé déshuilage et la décantation primaire Permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des particules solides en suspension de diamètre inférieur à 0,2mm. On fait circuler l'eau lentement dans un bassin où on racle et aspire périodiquement les particules rassemblées au fond(**KAMEL NOUFEL, 2020**).

ONU Eau (2021) a signalé que 44 % des eaux usées domestiques dans le monde ne sont pas traitées correctement. Connor et al. (2017) dans le Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau-2017 ont indiqué ce montant à 80 %, dont le plus élevé était classé par la Banque mondiale. Pays à faible revenu comme le Tchad, l'Afghanistan, l'Éthiopie, Burundi etc., où seulement 8% subit un traitement approprié. Au contraire, dans les pays à revenu élevé, qui comprennent des pays comme le Canada, l'Allemagne, la Grèce, le Danemark, etc., ce montant est de 70 p. 100.

Les deux autres groupes, à savoir les pays à revenu intermédiaire inférieur comme l'Inde, l'Algérie, la Bolivie, le Cambodge, etc., et les pays à revenu intermédiaire supérieur comme l'Argentine, la Russie, l'Afrique du Sud, la Turquie, etc., représentaient 28 % et 38 % du traitement des eaux usées(**SWADES PAL, SANDIPTA DEBANSHI, 2023**).

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en

Introduction

Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %. D'après un rapport publié par l'Office national d'Assainissement (**ONA, 2015**) l'Algérie compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurée. Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux nature .

Dans la région d'ELOued, il existe quatre STEP d'épuration de l'eau usée, STEP Kouinin c'est le chef capital de la wilaya, et les autres sont répartis dans les autres communes d'ELOued.

Dans cette étude on veut vérifier le bon période pour avoir une bonne épuration dans STEP Kouinin, Alors :

- ✓ Quel est le pouvoir d'épuration des polluant organique dans le STEP ?
- ✓ quelle est la saison idéale pour avoir une bonne épuration ?
- ✓ combien de bactéries peuvent être éliminées dans l'eau usée après le traitement ?

Ce travail vise à analyser la possibilité de réutiliser les eaux usées dans la vallée en tenant compte des aspects environnementaux et sociaux, Dans le but de fournir et d'exploiter les eaux usées dans d'autres secteurs tels que l'agriculture et l'industrie par en étudiant ses différents composés et leurs dangers. Certaines recommandations ont également été formulées pour encourager l'évolution du secteur.

- Ce mémoire est partagé en deux parties complémentaires :

❖ **La première partie** concerne la synthèse bibliographique. Cette dernière présente trois chapitres suivants :

- A travers le premier chapitre, nous avons présenté en premier lieu, les origines et caractéristiques des eaux usées, où il a été montré qu'ils proviennent d'une origine domestique, industrielle et/ou pluviale.
- Le deuxième chapitre, Nous avons exposé les différentes étapes utilisées pour l'épuration de l'eau usée.
- Le troisième chapitre, nous avons mentionné où les eaux usées traitées peuvent être réutilisées.

❖ **La deuxième partie** est réservée à l'étude expérimentale qui décrit les méthodes d'approche utilisées et les résultats obtenus, ainsi que leur discussion.

PARTIE THEORIQUE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES EAUX

I. Généralités sur les eaux

I.1 Définition de l'eau

L'eau est source de vie et sans eau, il n'y a pas de vie (SAMAKE H, 2002). Elle est la composante essentielle de tous les êtres vivants .

Elle est la plus vitale des ressources naturelles ; elle rend la vie possible, soutient les écosystèmes et les besoins de l'homme. L'eau est donc à la fois une ressource stratégique et l'élément fondamental nécessaire à une économie saine (ODOULAMI L, 2009).

Et elle constitue un élément essentiel pour le développement de la vie : le corps d'un être humain adulte est composé à 60 % d'eau. En raison de son caractère vital, l'eau liée aux activités humaines doit être de bonne qualité sanitaire afin d'éviter la survenue de pathologies hydriques (MAUX M, 2010).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime à 1,5 milliards le nombre de personnes dans le monde ne disposant pas d'eau potable, à environ 30.000 le nombre de personne mourant chaque jour d'avoir bu une eau dangereuse ou de déshydratation et à 35 % les gastro-entérites (GE) aiguës dues à des virus transmis par l'eau (ANDZI et al., 2013).

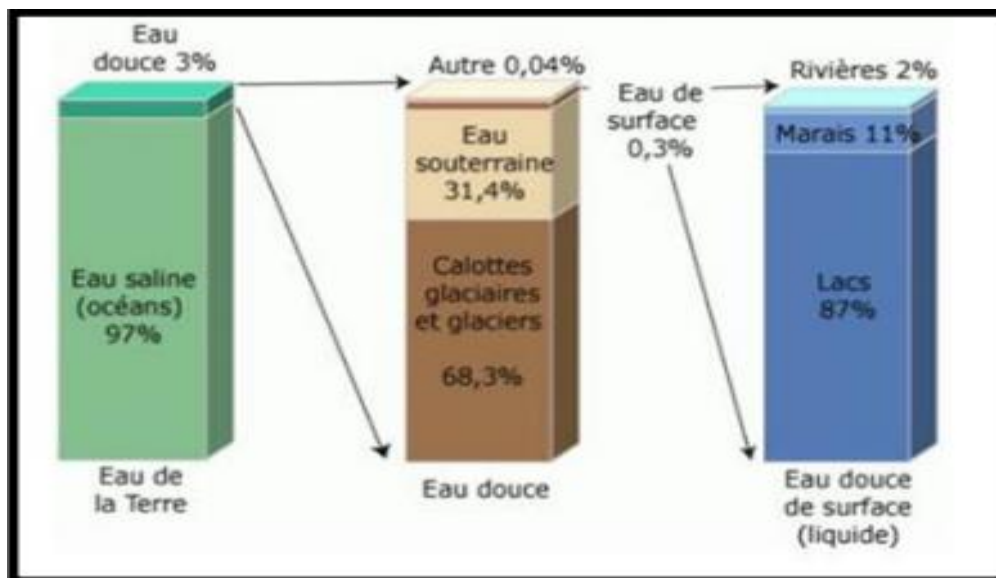
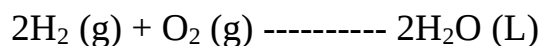


Figure 01 : La répartition de l'eau sur terre (VASCO, 2017).

I.1.2 Structure et composition chimique de l'eau

L'eau est formée lorsque les atomes d'hydrogène et d'oxygène interagissent ensemble, car la collision d'atomes d'hydrogène produit une énergie thermique élevée qui entraîne la formation de fortes liaisons covalentes entre elles, et en raison de l'énergie de réaction thermique, ces atomes sont liés à la forme de vapeur d'eau, qui se condense et se transforme en eau liquide à température réduite, les substances réactives, à savoir : l'hydrogène et l'oxygène diffèrent dans leurs propriétés de la substance résultante, qui est de l'eau, due au changement chimique survenu à la suite de la réaction de l'hydrogène et la formation de liaisons chimiques entre eux selon l'équation suivante, qui montre l'interaction de deux parties de molécules d'hydrogène avec une molécule d'oxygène, pour produire deux parties d'eau (**Modeling the Formation of Water.2023**).

**I.1.3 Propriété**

Malgré une structure simple, la molécule d'eau possède des propriétés remarquables et anormales si on la compare à d'autres corps dont la composition est analogue. C'est un liquide incolore, inodore et de pH neutre (**PERRY, 1984**). On peut la trouver sous trois formes :

a. Etat solide

L'eau est solide quand la température est inférieure à 0 °C. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, celle des glaciers alpins, la neige sur laquelle nous pouvons skier, le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (**MEROUANI et BOUGUEDAH, 2013**).

b. Etat gazeux

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre (**MEROUANI et BOUGUEDAH, 2013**).

c. Etat liquide

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constituées d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines. Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les

rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et les eaux souterraines à 0,06% de cette eau (LAZHAR, 2011).

I.1.4 cycle de l'eau (cycle nature)

L'eau circule sans arrêt sur la Terre. Elle s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie. Le soleil fait s'évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes. En se regroupant, elles forment des nuages qui, poussés par le vent, rencontrent des masses d'air froid et donnent naissance à la pluie. L'eau de pluie s'infiltre dans le sol et rejoint les nappes phréatiques, les sources, les rivières, les fleuves, pour recommencer sans fin le même voyage (SEUNGMIN LEE *et al.*, 2021).

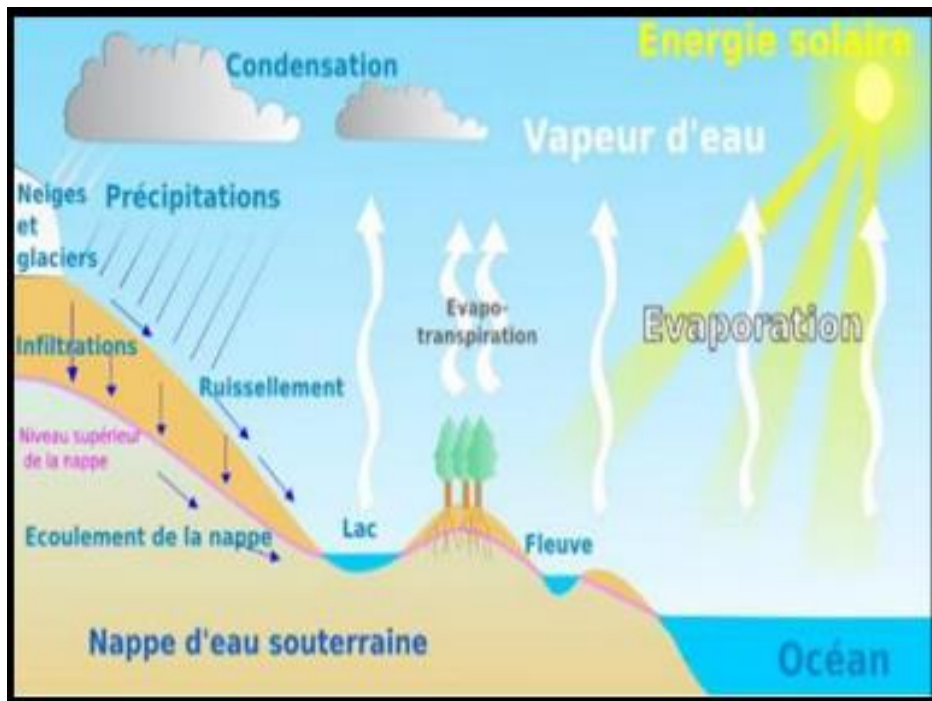


Figure 02 : Le cycle de l'eau (SARI, 2014)

I.1.5 Ressources de l'eau

Les ressources en eau sur terre, sont classées en deux grands groupes : Les ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles.

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ses ressources est très intense avec les besoins grandissant liés à l'essor démographique des activités économiques, l'agriculture et l'industrie (HARRAT et ACHOUR, 2010).

La gestion des ressources en eau, en quantité et qualité, reste au centre des préoccupations du pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse (**BOUCHEMAL et ACHOUR, 2015**). Il ya trois types des sources d'eau sont utilisé par l'homme :

a) Les eaux superficielles ou de surface

Il s'agit des masses d'eaux bien individualisées solides ou liquides. Leur origine est l'eau des précipitations. Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs et glaciers (**VILAGINES, 2010**).

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.). Leur capacité d'adsorption très limitée et l'absence d'un mécanisme de filtration permettent aux solides, dissous ou non, de propager rapidement : d'où la qualité très fluctuante des eaux superficielles. Les dangers proviennent des eaux de ruissellement sur les surfaces d'exploitation agricole (pesticides, fertilisants, engrais de ferme), des déversements des eaux usées, de la sédimentation des polluants de l'air (**ARAB et OUDAFEL, 2015**).

b) Les eaux souterraines

Lorsque l'eau superficielle pénètre dans le sol, une partie est retenue à la surface des grains ou dans les micro-interstices. Cette quantité d'eau retenue est caractéristique d'un sol donné et se définit comme sa capacité de rétention (**VILAGINES, 2010**).

L'autre partie de cette eau superficielle, percole en direction de sous-sol sous l'action de la pesanteur. Ce sont les eaux des nappes phréatiques, qui correspondent à 22% des réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliards de m³ . Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (**AISSAOUI, 2013**).

c) Les eaux des mers et des océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète . Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité , ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**LOUNNAS, 2009**).

I.2 Eaux usées**I.2.1 Définition des eaux usées**

L'homme a sélectionné l'eau comme principal vecteur pour l'élimination de ses déchets.

Ainsi, les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées sont formées à partir des multiples utilisations domestiques ou industrielles de l'eau par l'homme. Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants, minéraux ou organiques, solubles ou non, dispersés ou dissouts, provenant essentiellement de l'activité humaine, à savoir processus industriels et artisanaux (REJSEK, 2002 ; KOLLER, 2005).

a) Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines sont caractérisées comme des eaux usées générées par des activités domestiques ou comme un mélange d'eaux usées produites par les eaux usées domestiques, industrielles et pluviales. Urban wastewater is considered as a hazardous material that has to be disinfected to support public health and protect the environment (MULTIADIS ZAMPARAS, 2021).

La gestion des eaux usées urbaines est devenue un défi dans de nombreux pays parce que le développement des infrastructures et la réglementation n'ont pas suivi le rythme de la croissance démographique et de l'urbanisation (R. SARAVANANE *et al.*, 2014).

b) Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. En raison de leur spécificité, certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration ou du milieu récepteur (BAUMONT S, 2002).

I.2.2 Origines des eaux usées**a. Domestique**

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension industrielle (REJSEK, 2002).

b. Industrielle

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux la pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés ...)
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage , galvanisation ...).
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole ,porcherie, produits pharmaceutiques (RODIER, 2005).

c. Agricole

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

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation).
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides..) (GROSCLAUDE, 1999).

d. Eaux pluviales

Ce sont les eaux de pluie entraînant toutes sorte de déchets minéraux (limons) et organiques (déchets végétaux) ainsi que des micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc (ANONYME, 1995).

e. Eaux agricoles

Les eaux agricoles sont les eaux issues de terres cultivées chargés d'engrais. Ils conduisent, par ruissellement, à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles, des eaux des cours d'eau et des retenues (METTAHRI, 2012).

f. Eaux de ruissellement

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (BONTOUX, 1993).

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non. On distingue :

- Les réseaux unitaires : un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau (O.I.EAU, 2005).
- Les réseaux séparatifs : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées mais rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé (BAUMONT et al., 2005).

I.2.3 Composition des eaux usées

Les eaux usées se composent de matières dissoutes et en suspension et de divers :

a) Microorganismes

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 : les bactéries, les protozoaires, les virus et les helminthes (**BAUMONT et al., 2004**).

b) Les Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont des *Proteus* et des entérobactéries, des 10^3 à 10^4 *Streptocoques* et de 10^2 à 10^3 des *Clostridium*. La concentration en bactéries pathogènes est très variable et peut atteindre 10^4 germes par litre. Parmi pathogènes les plus détectées, les *Salmonelles*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (**TOZE S, 1999**).

En plus de ces germes les eaux usées d'une station d'épuration contient des espèces autochtones considérées comme acteurs majeurs des biodégradations telles que : *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* et d'autres (**PELMONT J, 2005**).

c) Les Protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ils peuvent survivre plusieurs semaines, voire même plusieurs années (**CAMPOS C, 2008**).

Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (**GENNACCARO A.L, 2003**).

Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (**TOZE S, 2006**).

Il est considéré que seulement 10 à 30 kystes forment une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (CAMPOS C, 2008).

d) Les Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Leur concentration estimée dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus, les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries, du fait qu'au cours de processus de traitement des eaux usées les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (TOZE S, 2006).

e) Les Helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/l. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligatoire par un hôte intermédiaire (10) .

Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés le plus fréquemment dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*. (CAMPOS C, 2008).

I.2.4 Pollution de l'eau usées**a. Origine de pollution**

La pollution de l'eau peut être d'origine naturelle, domestique, agricole et industrielle. La pollution naturelle implique le ruissellement de l'eau de pluie sur des terrains riches en métaux lourds ou l'entraînement des polluants de l'atmosphère vers le sol (**AFIR and MEZAOUA, 1984**).

L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères et les eaux de vannes, ainsi que les eaux rejetées des hôpitaux, des commerces, etc. Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne les eaux surchargées en produits chimiques issus d'épandage engrais et pesticides), de métallurgie, et d'hydrocarbures (**AFIR and MEZAOUA, 1984**).

b. Composition les eaux usées polluée**❖ Éléments traces et métaux**

Les sources de métaux pour les milieux aquatiques sont multiples. On différencie principalement les sources d'origine naturelle et anthropique. Les principaux phénomènes naturels conduisant à la dissémination des métaux dans les compartiments environnementaux y compris les milieux aquatiques sont l'activité volcanique et l'érosion des roches).

En plus des sources naturelles, les milieux aquatiques sont enrichis en métaux par les activités humaines. Les métaux sont utilisés par l'homme comme matériaux mais également comme réactifs dans l'industrie (traitement de surface, intermédiaire réactionnel, etc.) et l'agriculture phytosanitaires. Les activités industrielles, ainsi que le trafic automobile émettent de fines particules métalliques dans l'atmosphère, principalement dans les zones urbaines (**AZIMI S, 2005**).

Les métaux ainsi disséminés se déposent dans les divers compartiments environnementaux tels que les plans d'eau et les sols. Les métaux déposés sur les sols peuvent cependant atteindre les cours d'eau par ruissellement au cours des événements pluvieux. En effet les eaux usées urbaines sont une des principales voies d'apport de métaux vers les écosystèmes aquatiques. A l'entrée des stations d'épuration, une large partie des métaux contenue dans les eaux usées se trouve complexée avec la matière organique dissoute. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires sont : cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn) (**KUNZ A, 2000**).

c. Les composés organiques naturels

Ce sont en générale des composés complètement biodégradables, au moins dans des conditions favorables. Il faut, toutefois, les considérer comme polluants lorsque leur concentration est anormalement élevée, et engendre un stress important dans la biocénose des milieux aquatiques, ce qui peut conduire à l'inactivation des mécanismes potentiels de la biodégradation. C'est le cas, par exemple, des huiles ou des graisses qui, à des concentrations plus ou moins élevées, engendrent la formation de films superficiels qui peuvent s'opposer à l'accès de l'oxygène dans les cours d'eau et provoquer des effets d'intoxication sur les microorganismes et les poissons **(VINCENT M, 2003)**.

○ Les xénobiotiques

Ce sont des composés artificiels, inventés par l'homme, différents de par leurs structures chimiques des composés synthétisés par les organismes vivants. On distingue entre autres:

Des composés inertes, non biodégradables, non toxiques et qui n'interagissent pas avec les organismes vivants. C'est le cas de la plupart des plastiques. Des composés plus ou moins dégradables, pouvant traverser la barrière cellulaire des organismes vivants, se concentrer le long de la chaîne alimentaire et causer des dommages physiologiques considérables, de graves intoxications, voire la mort **(PERRY J.J, 2004)**.

Les phénols et leurs dérivées tels que les chlorophénols (mono-, di-, tri-, tétra- et penta-les nitrophénols, les crésols et les diméthylphénols, font partie de cette catégorie des xénobiotiques) plus ou moins dégradables. Ils sont utilisés dans l'industrie des matières plastiques, l'industrie pharmaceutique ainsi que dans la fabrication de nombreux produits : adhésifs, explosifs, engrais, gaz d'éclairage, peinture, caoutchouc, parfums, agents de préservation du bois et des textiles. Ils servent aussi à la fabrication des détergents, des colorants, des pesticides (notamment les chlorophénols) **(BOUCHESEICHE C, 2002)**.

d. Types de pollution de l'eau

La pollution de l'eau est la dégradation de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects **(KOLLER, 2004)**.

❖ Pollution physique

Elle est due à la présence d'éléments solides entraînés par l'eau. Elle peut être d'origine domestique, mais essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (**GALAF and GHANNAM, 2003 ; METTAHRI, 2012**).

La pollution mécanique est due à la présence de particules solides apportées par les eaux résiduaires industrielles (ERI), ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit des éléments grossiers soit du sable ou les matières en suspension MES (**METTAHRI, 2012**).

La pollution thermique dans les eaux de refroidissement d'installations industrielles diverses, engendre un appauvrissement des eaux en oxygène et une croissance bactérienne (**METTAHRI, 2012**).

La pollution par des substances radioactives est plus grave. Elle affecte directement les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements (**GALAF and GHANNAM, 2003**).

❖ Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. Elle est regroupée en deux catégories, organique (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...) et minérale métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) (**ENCYCLOPEDIA, 1995**).

La pollution organique provient des effluents chargés en matières organiques fermentescibles biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires, et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses, etc.). La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ces eaux (**ENCYCLOPEDIA, 1995**).

La pollution minérale correspond à la présence des métaux lourds dans l'eau, d'azote ou de phosphore.

Par ordre décroissant de toxicité spécifique, les métaux sont classés comme suit:

$Hg < Cr < Ti < Cu < Co < Ni < Pb < Zn$

Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire (**RAMDAN, 2006**).

❖ 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 (10 à 350 nm), les bactéries (1 à 10µm), les protozoaires et les helminthes (**BAUMONT et al., 2004**).

La charge virale des eaux usées urbaines est sous-estimée à environ 10^3 à 10^4 particules par litre du fait de la difficulté de leur isolement et leur dénombrement réel (**ASANO, 1998**).

CHAPITRE II

L'EPURATION DES EAUX USEES

II.1 L'épuration des eaux usées

La configuration d'une unité de traitement des eaux usées dépend fortement des caractéristiques et de la qualité souhaitable de l'effluent final. Le conditionnement et la distribution de l'eau à des fins résidentielles, commerciales et industrielles sont nécessaires dans toutes les communautés humaines. Bien que le traitement des eaux usées urbaines soit une pratique bien établie, le traitement des eaux est aujourd'hui sujet à de multiples changements. L'application de limites plus restrictives à la qualité des effluents et l'utilisation potentielle de ces effluents comme sources d'eau pour l'industrie, l'agriculture et les utilisations urbaines ont ouvert de nouveaux sujets et perspectives qui mèneront la recherche dans les années à venir **(M.I. PARIENTE, 2020)**.

La mauvaise qualité de l'eau présente des risques pour la santé publique, la sécurité alimentaire ainsi que d'autres services et fonctions liés aux écosystèmes. En effet, les eaux usées domestiques non traitées contiennent des agents pathogènes, des matières organiques et des nutriments ; les eaux usées issues des industries et d'autres établissements professionnels peuvent également contenir, outre des éléments organiques, diverses substances dangereuses, notamment des métaux lourds. Les eaux usées non traitées polluent l'environnement, provoquent des épidémies et dégradent les écosystèmes **(OMS et ONU-HABITAT, 2018)**.

Selon la nature ou l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des rejets en fonction des caractéristiques spécifiques de ces derniers et du degré d'épuration désiré **(MIMECHE LEILA, 2014)**.

II.2 L'importance du traitement des eaux usées

L'eau usée non traitée contient les nombreux micro-organismes pathogènes qui demeurent dans la région intestinale humaine. Certaines des maladies plus communes liées à la baignade dans les eaux à usage récréatif souillées ou par la consommation des fruits de mer contaminés sont le prurit du nageur, les gastroentérites, les dermatites, les hépatites virales, les infections par blessure, le choléra, la fièvre typhoïde, et la dysenterie. L'eau usée peut également contenir les composés toxiques ou des composés qui potentiellement peuvent être mutagènes ou cancérogènes. Pour ces raisons, l'enlèvement des organismes pathogènes est nécessaire de protéger la santé publique.

Quand l'eau usée non traitée s'accumule et est déversée brute, la décomposition de sa matière organique mène à des nuisances, y compris la production de gaz malodorants. Toutes

les plantes et animaux vivant dans l'eau exigent de l'oxygène dissous, qui existe en faible quantité. Un des objectifs principaux du traitement des eaux résiduaires est d'empêcher que le matériel organique « oxygène-exigeant » d'entrer autant que possible dans le milieu de récepteur (**DIMITRI XANTHOULIS et al., 2008**).

II.3 Pré-traitement

Les installations d'assainissement des eaux usées assurent toujours un pré-traitement. Il s'agit de retirer mécaniquement les éléments les plus grossière et accessibles. Sont une chaîne de trois phases : Dégrillage, Dessablage et Déshuilage.

L'organisation du prétraitement est liée aux choix de collecte en amont et de valorisation des déchets en aval. En effet, plus la séparation a été poussée lors de la collecte, plus le flux pourra facilement intégrer une filière de valorisation (**ADEME, 2018**).

II.3.1 Dégrillage

A l'arrivée, l'eau usée en provenance des égouts, passe entre les barreaux métalliques d'une grille (ou d'un tamis) qui retiennent les déchets volumineux (papiers, feuilles, matières plastiques, objets divers...) et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes Selon (**INRS, 2004**).

Il y en a deux, un grossier pour les objets volumineux et un autre plus fin (environ 10 à 20 mm) (**ADEME, 2018**).

Les grilles peuvent être verticales, mais sont les plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale (**DJEDDOU MESSAOUD, 2014**), l'espacement est défini comme suit :

Tableau 01: différents types de dégrillages (**DJEDDOU MESSAOUD, 2014**).

	Espacement	Rôle
Pré-dégrillage (dégrillage grossier)	40-150 mm	Empêcher que les bûches et les gros débris lourds d'entrer dans les procédés de traitement. Principalement utilisé dans le poste d'arrivée des eaux brutes avant le poste de relevage.
Dégrillage moyen	6-75 mm	Pour éliminer les grosses matières solides, les chiffons et les débris. Généralement utilisé dans les stations.
Dégrillage fin	1.2-6 mm	Enlever les petits solides. Suit généralement un tamis grossier.

Dégrillage très fin	0.25-105 mm	Réduire les matières en suspension au niveau du traitement primaire.
---------------------	-------------	--

II.3.2 Dessablage

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieure à 0.2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décanables dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires **(BELAHMADI M, 2011)**.

Le dessablage est prévu pour protéger les équipements mécaniques à l'abrasion et à l'usure, de réduire la formation de dépôts dans les canalisations et les canaux, et de réduire la fréquence de nettoyage du digesteur qui est nécessaire en raison des particules accumulées. Un but secondaire, mais cependant pas le moins extrême souhaitable du système d'élimination du sable est de séparer les grains de la matière organique dans les eaux usées. Cette séparation permet à la matière organique d'être traitée dans les processus subséquents **(DJEDDOU MESSAOUD, 2014)**.

II.3.3 Dégraissage ou déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée (voir flottabilité et vitesse ascensionnelle), dans une enceinte liquide de volume suffisant.

Les graisses sont des matières en suspension (à condition qu'une température suffisamment basse avertisse leur figeage) d'origine essentiellement animale (ou végétale), présente dans les ERU et dans certaines ERI (agroalimentaire), et en faible quantité sur les bassins de pluie, lagunes, étangs... Le produit se présente sous la forme de particules libres, ou plutôt agglomérées avec des matières en suspension diverses (qu'il faut essayer de détacher pour autoriser leur flottation) **(SUEZ, 2015)**.

II.4 Traitement primaire

Ce traitement consiste à séparer des matières insolubles, par une décantation assistée ou non par des ajouts de réactifs. Il se produit la même chose à grande échelle que dans le bécher des photos ci-contre : les matières en suspension (MES) coulent. Plus elles sont fines et plus c'est long, d'où l'ajout de réactifs pour accélérer le processus. On utilise l'une ou l'autre méthode selon le type d'installation : le traitement primaire pour les techniques extensives et le traitement physico-chimique pour les techniques intensives. Cette dernière est plus chère et plus efficace (CAUE, 2023).



Figure 03: Les MES plus lourdes que l'eau tombent au fond (CAUE, 2023).

II.4.1 Décantation

La décantation est une opération de séparation solide/liquide par simple gravité. Si la densité des particules est supérieure à celle de l'eau, il y a une décantation, sinon on a une flottation. La décantation a pour but d'éliminer les MES et les colloïdes. Ce procédé est utilisé pratiquement dans toutes les usines d'eau potable ainsi que les stations d'épuration d'eaux usées. Le décanteur est un bassin rectangulaire ou circulaire dans lequel l'eau séjourne longtemps pour permettre la sédimentation entière des particules ou des flocons (Dr BOUMAAZA MESSAOUDA, 2020).

II.4.2 Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation : la coagulation a pour but principal de destabiliser les particules en suspension. La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules destabilisées (LADJEL, 2006).

II.4.3 Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat) **(DEGREMONT, 2005)**.

II.5 Traitement secondaire**II.5.1 Traitement biologique**

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique (décantée ou non) en la transformant en matières en suspension : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables **(DJEDDOU MESSAOUD, 2014)**.

Lors de phases de décantation, l'élimination des microorganismes et des micropolluants se fait principalement par décantation des MES (sur lesquelles ils sont adsorbés) **(BELAHMADI M, 2011)**.

Le traitement secondaire consiste en une dégradation biologique de la matière organique dissoute dégradable et des solides en suspension restants par des micro-organismes, réduisant la charge organique en termes de DCO et de DBO, ainsi que le nombre d'agents pathogènes. Le procédé classique des boues actives (CAS) est la technologie de traitement des déchets la plus utilisée depuis plus de 100 ans pour éliminer les éléments nutritifs, les matières biologiques carbonées et les matières azotées **(M.I. PARIENTE et al., 2020)**.

$$\text{Eau usée} + \text{biomasse} + \text{oxygène} = \text{Eau épurée} + \text{accroissement de la biomasse} + \text{gaz}$$
II.5.2 Traitement anaérobie de l'eau

Le traitement anaérobie des eaux usées désigne le traitement biologique des eaux usées en l'absence d'oxygène ou d'air élémentaire. Puisque ce processus peut stabiliser l'eau avec une faible production de biomasse, il est très populaire. Les principaux micro-organismes sont le méthane et les acides. Les micro-organismes anaérobies convertissent les polluants organiques en gaz contenant du CO₂ et du CH₄, appelés biogaz. En général, les systèmes anaérobies sont préférés pour le traitement des eaux usées à haute résistance (concentrations de DCO biodégradables > 4000 mg/L). Fig. 12.4 montre le système de traitement anaérobie **(PARISA BINIAZ et al., 2021)**.

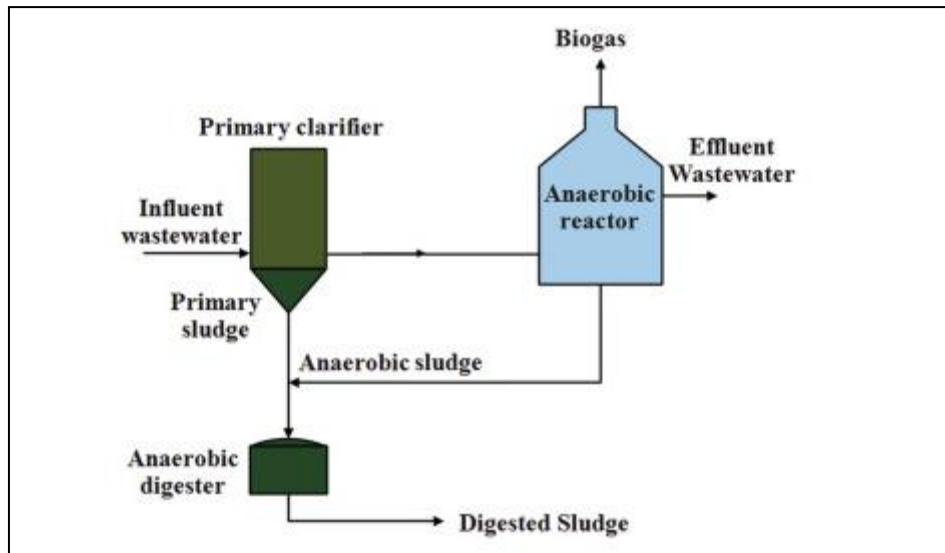


Figure 04: Représentation schématique du système de traitement anaérobie (**PARISA BINIAZ et al., 2021**).

II.5.3 Le traitement aérobie

Ce type de traitement fait appel aux bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène. La dégradation des polluants est effectuée par des réactions d'oxydation dans un milieu aéré (**BOUZIDI YOUSSEF, 2020**).

II.5.4 Les traitements physico-chimiques

Ils consistent à transformer chimiquement, à l'aide de réactifs, les éléments polluants non biodégradables. Ces traitements sont mis en œuvre pour répondre à des enjeux particuliers (recherche de performances très élevées), ou lorsque le traitement biologique n'est pas possible (contraintes de place ou de température, variations subites de charge polluante). Les procédés qui s'appliquent aux matières en suspension (MES) :

a / La floculation, c'est-à-dire la précipitation de ces matières sous l'effet de réactifs chimiques, permet d'accélérer et de compléter leur décantation.

b / La centrifugation est employée pour les rejets fortement chargés en MES et ayant une faible vitesse de décantation.

c / La filtration s'applique à des MES peu nombreuses et de petite taille.

Les principaux procédés de traitement des matières en solution :

d / L'oxydation et la réduction chimique transforment certains polluants en substances non toxiques, au moyen d'oxydants et de réducteurs chimiques.

e / L'osmose inverse consiste en une filtration moléculaire qui élimine les matières polluantes. À ce stade, l'eau, débarrassée des éléments qui la polluaient, et qui forment les « boues », est épurée à 90 %. Elle peut alors être rejetée à la rivière qui achève de résorber la pollution grâce au processus de l'épuration naturelle (autoépuration) (**LABBACI HAYTEM et BOUMENKAR TAREK, 2019**).

II.6 Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire désigne une étape supplémentaire de traitement d'un effluent traité biologiquement, selon les utilisations prévues. Cette étape peut être conçue pour éliminer les éléments nutritifs (s'ils ne sont pas éliminés à l'étape du traitement secondaire), les organismes pathogènes, les composés non biodégradables, les métaux lourds, les solides dissous inorganiques restants et les solides en suspension, ou même les CEC (micropolluants) (**JOÃO PAULO BASSIN et al., 2021**).

Les procédés de traitement sont principalement de nature physico-chimique et comprennent la désinfection, l'oxydation, le dosage chimique pour la correction de la qualité de l'eau, la sédimentation assistée chimiquement, la filtration, l'adoucissement, le traitement au carbone activé, l'échange d'ions et l'osmose inverse (**IYYANKI V. MURALIKRISHNA, VALLI MANICKAM, 2017**).

II.7 Traitement de boues

Pour obtenir une épuration plus poussée, notamment lorsque la sensibilité du milieu récepteur T'exige (zone de baignade, vie piscicole, prise d'eau potable en aval de la station...), il peut être nécessaire d'effectuer des traitements complémentaires du type :

- filtration sur lit de sable,
- désinfection par le chlore ou d'autres produits oxydants (ozone...).
- élimination de l'azote,
- élimination du phosphore.

Les locaux des usines de traitement des eaux usées sont ventilés en permanence. L'air « vicié » est traité avant rejet dans l'atmosphère.

Ces usines génèrent des déchets: refus (produits retenus lors) du dégrillage, produits de curage, dessablage, déshuilage... et des boues qui doivent subir des traitements spécifiques (INRS, 2004).

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est d'en réduire le volume pour limiter les quantités à stocker (voire à épandre), et de les stabiliser pour en améliorer les caractéristiques physiques (amélioration de leur tenue en tas) et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. En effet, leur forte teneur en eau (99 %) et les fortes populations bactériennes qui s'y retrouvent en font un bouillon de culture favorable à la dégradation de la matière organique fraîche et très fermentescible qu'elles contiennent, avec production de mauvaises odeurs (Actu-Environnement, 2010).

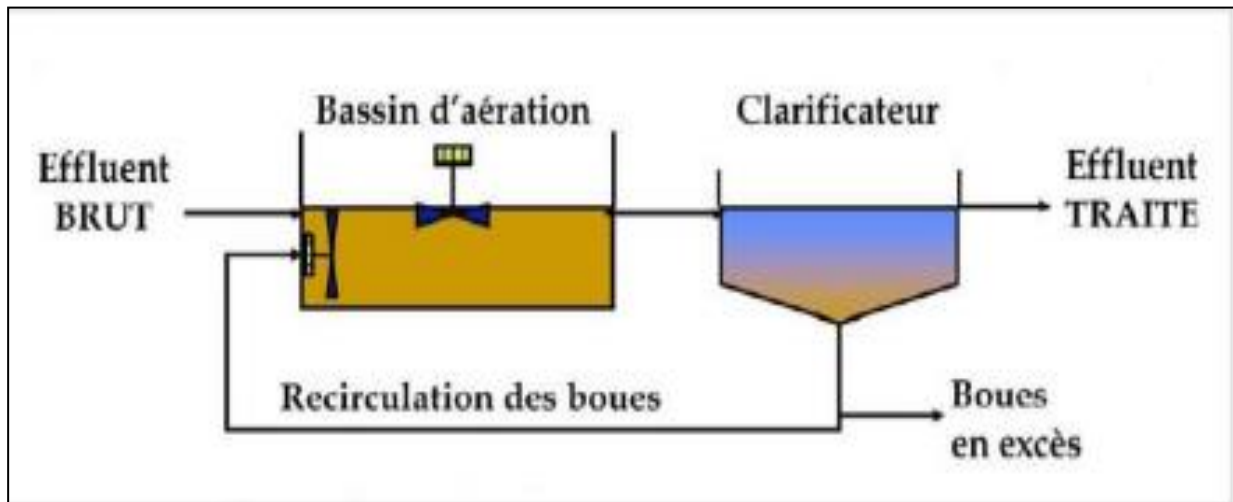


Figure 05 : Les boues activées : principe de traitement (MAMPUYA KINDA FIDELE, 2020).

Au cours de son traitement, l'effluent subit l'action bactérienne et est envoyé dans le clarificateur, où les floccs formés sont piégés au fond du décanteur sous l'action de leur propre poids. Une partie des boues est recyclée et renvoyée à l'entrée du bassin d'aération, tandis que les boues en excès sont dirigées vers l'extérieur du clarificateur, tout comme l'eau épurée (MAMPUYA KINDA FIDELE, 2020).

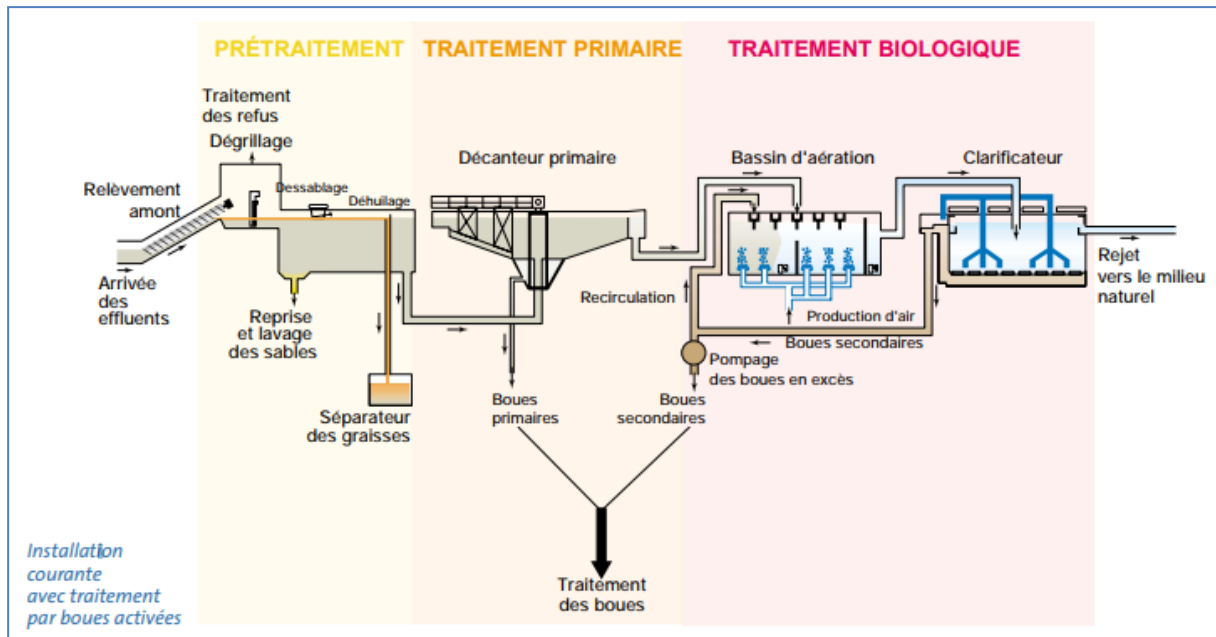


Figure 06 : Illustration des étapes de traitement (INRS, 2004).

Les règles actuelles, qui surveillent principalement les métaux lourds dispersés, les niveaux d'huile et de graisse et le total des solides en suspension, sont en place depuis longtemps sans changement. De plus, la législation est restée inchangée, à l'exception de quelques régions riches en pétrole adhérant aux meilleures pratiques (KHALILPOUR, 2014).

CHAPITRE III

REUTILISATION DES EAUX USEES

III.1 La réutilisation des eaux usées

La réutilisation de l'eau est devenue un outil important pour la gestion de l'eau dans les régions qui souffrent fréquemment de sécheresses et de pénuries d'eau, telles que le bassin méditerranéen.

La réutilisation des eaux usées non traitées est formellement interdite par la loi n° 83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement et la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant le code des eaux. Les valeurs maximales de rejets d'effluents liquides par les établissements industriels sont définies par le décret 93-160 du 10 juillet 1993 qui charge également les Inspections de l'Environnement des wilayas (IEW) d'effectuer les contrôles **(BOUCHAALA LAID et al., 2017)**.

La réutilisation des eaux des collectivités et des industries dans l'agriculture irriguée est très répandue. Bien que les eaux usées soient en partie traitées avant d'être réutilisées, la plus grande part ne l'est pas, ce qui fait peser des risques considérables sur l'environnement et la santé **(FAO, 2003)**.

La réutilisation des eaux usées n'est possible que si elle garantit la santé et la sécurité de l'environnement et ne représente pas un risque pour l'écosystème actuel (c'est-à-dire sans endommager l'écosystème, le sol et les cultures existants). Éliminer tout risque pour la santé de la population locale. Il faut donc respecter rigoureusement les lois et les règlements. Les eaux résiduaires à réutiliser doivent suivre une certaine séquence de procédés de traitement afin de réduire la concentration de polluants **(GALKINA et VASYUTINA, 2018)**.

III.1.1 Dans le monde

Selon ISO 2015 : Les eaux usées traitées de façon appropriée sont une ressource idéale pour remplacer l'utilisation de l'eau douce en agriculture. Les eaux usées traitées peuvent servir à la réhabilitation de terres, l'amélioration de la production agricole et la réduction des coûts liés à la fertilisation. Une utilisation productive des eaux usées traitées d'un point de vue environnemental peut également offrir un moyen de prévention contre la dégradation écologique des sources d'eau. Outre l'agriculture, les eaux usées traitées peuvent être destinées à une réutilisation urbaine ou industrielle.

La réutilisation des eaux usées non traitées est pratiquée depuis des siècles dans le but de transférer les déchets humains hors des zones urbaines. De même, l'application des eaux usées domestiques à la terre est une pratique ancienne et courante, qui est passée par

différentes étapes de développement. Cette a permis de mieux comprendre les technologies de transformation et le développement éventuel des normes de qualité de l'eau (PARANYCHIANAKIS *et al.*, 2015).

La REU a connu un développement rapide ces dix dernières années avec une croissance des volumes de l'ordre de 10 à 29% par an en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées est de 1,5-1,7 millions de m³ dans plusieurs pays comme la Californie, la Floride, le Mexique et la Chine.

Certains pays européens méditerranéens ont aussi des objectifs ambitieux : réutiliser 100 % des eaux usées à Chypre et à Madrid satisfaire 10% de la demande en eau par la réutilisation (BEAUPOIL *et al.*, 2010).

III.1.2 En Algérie

L'Algérie est un pays au climat essentiellement aride à semi-aride où les précipitations sont faibles et irrégulières et les ressources hydriques très limitées (DJEMIL *et al.*, 2018) .

L'Algérie possède 200 usines de traitement des eaux usées avec une capacité de production de 500 millions de m³/an. a fait savoir, jeudi, le ministre des Ressources en eau et de la sécurité hydrique, Karim Hasni, lors d'une séance consacrée aux questions orales au Conseil de la nation, présidée par le président de Chambre haute du Parlement, Salah Goudjil. On prévoit que la capacité de production de ces centrales atteindra 1 milliard de m³/an d'ici 2032. ajoute le ministre qui précise que son secteur s'emploie à réutiliser les eaux usées épurées pour l'irrigation de 24.000 hectares de terres agricoles d'ici à 2024 et atteindre, à l'horizon 2030, quelque 400.000 hectares, dont 16.000 hectares dans les Hauts-Plateaux. La réutilisation des eaux usées traitées est une partie de l'eau non conventionnelle qui ne dépend pas de la pluie et peut contribuer à la sécurité aquatique (Inr-DZ, 2023) .

Tableau 02 : Répartition des stations de traitement et d'épuration des eaux par région hydrographique (Inr-DZ, 2023).

Région	Exploitation	Construction	Réhabilitation	Total
		Station d'épuration et de traitement des eaux	Lagunage	
Oranie-Chott-Chergui	4	1	2	7
Chelif-Zahres	0	0	1	1
Algerois-Hodna-Soummam	7	1	10	18
Constantinois-Medjerda- Mellegue	4	0	6	10
Sud	0	0	2	2
Total	15	4	26	45

III.2 Objectif

Elle permet d'une part de mobiliser une ressource en eau supplémentaire, et d'autre part de protéger les milieux récepteurs (eaux de surface). En effet, les eaux usées épurées, au lieu d'y être déversées, sont dérivées, après un traitement supplémentaire approprié, vers des usages qui sont le moyen d'une élimination de leur charge polluante résiduelle. La REUE peut donc satisfaire deux types de besoins, l'un quantitatif, l'autre qualitatif (**SAMUEL BAUMONT et al., 2004**).

Les nouveaux projets de réutilisation des eaux usées traitées seront autorisés pendant une durée limitée, ce qui doit permettre de faire progresser, grâce à un suivi renforcé, les connaissances et données sur ces nouveaux usages. L'objectif reste à terme de définir des prescriptions nationales pour ces usages comme c'est déjà le cas pour l'irrigation agricole et l'arrosage des espaces verts, permettant ainsi de faciliter ces pratiques et d'augmenter les volumes d'eaux usées traitées utilisées (**Ecologie.gouv, 2022**) .

La réutilisation des eaux usées traitées est une solution d'avenir dans un contexte de raréfactions de la ressource en eau. C'est pourquoi, nous avons œuvré à étendre les possibilités de réutilisation des eaux usées traitées afin d'en faciliter l'accès et de contribuer à une meilleure rentabilité des projets. Les agences de l'eau et les services du ministère seront aux cotés des porteurs de projets pour les accompagner dans cette transition essentielle (**Ecologie.gouv, 2022**).

Le but principal de la réutilisation des eaux usées n'est pas simplement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle naturel de purification

de l'eau, mais aussi pour garantir l'équilibre de ce cycle et la protection de l'environnement (ABIBSI NADJET, 2011).

III.3 Les usages de la réutilisation des eaux usées traitées

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel,
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains (DJEDDI HAMSA, 2007).

La réutilisation de l'eau est un marché à fort potentiel, actuellement, les coûts opérationnels moyens pour traiter les eaux usées s'élèvent à peu près de 0,35€ / m³, et les capacités mondiales installées pour traiter ces eaux sont :

- 2005 : 19,4 millions m³/jour (7,1 km³/an)
- 2010 : 32,7 millions m³/jour
- 2015 4,5 millions m³/jour (A BENHABIB, 2015).

III.4 La réutilisation des eaux usées et l'agriculture

L'agriculture consomme la plus grande part de l'eau, par des statistiques, L'eau douce est répartie parmi les principales activités comme suit: Agriculture: 70%, Industrie: 20%, Eau potable: 10%

Afin de conserver l'eau douce et de répondre aux besoins alimentaires de la population future, il est donc normal de se tourner vers d'autres ressources hydriques. Selon la FAO, la superficie irriguée devrait augmenter de 33% à l'horizon 2010 et de 53% à l'horizon 2025. Cette augmentation de l'irrigation va de pair avec une forte consommation d'eau, qui risque de se faire au détriment de l'eau potable (A BENHABIB, 2015).

La REUT, lorsqu'elle est correctement utilisée, peut permettre une utilisation plus efficace de l'eau dans le domaine de l'agriculture en vue d'une gestion durable de l'eau. Les principaux bénéfices de la réutilisation pour l'agriculture sont:

- Une conservation des ressources en eau douce et leur allocation plus rationnelle, en particulier dans les pays en pénurie d'eau.
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface en évitant le déversement d'eaux usées dans les plans d'eau (TOUIL A et al., 2021).

L'Algérie durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m³ d'eaux épurées a servi à l'irrigation de 11.045 hectares des terres agricoles, soit un taux de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (REUE) de 31 % du volume épuré, a-t-on appris auprès de l'office national de l'assainissement (ONA). La possibilité que les eaux usées traitées soient réutilisées à des fins agricoles changera considérablement, En 2020, sur les 154 stations de traitement des eaux usées exploitées par l'ONA (STEP) grâce aux 44 wilayas, 16 usines sont concernées par la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture, a expliqué l'ONA. Le nombre de stations impliquées dans la réutilisation passera également à 20.» **(ALGERIE PRESSE SERVICE, 2022).**

III.5 Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation

III.5.1 Salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement des collectivités est celle ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant, en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème.

III.5.2 Alcalinité

L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée en cas de concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu **(Mr METAHRI MOHAMMED SAÏD, 2012).**

III.6 La réutilisation des eaux usées et l'industrie

L'eau constitue souvent un élément essentiel à la production industrielle. Dans un contexte de raréfaction de la ressource, de nombreuses entreprises cherchent donc à développer le recyclage de leurs eaux usées. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau **(A BENHABIB, 2015).**

Les REUE industrielles peuvent s'intéresser au secteur de l'énergie, aux circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Parmi les autres applications figurent les blanchisseries industrielles, les stations de lavage de voitures, l'industrie du papier, la production d'acier, les textiles, l'électronique et les semi-conducteurs, etc **(SAMUEL BAUMONT et al., 2004).**

III.7 La réutilisation en zone urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance ;
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc (**SAMUEL BAUMONT et al., 2004**).

III.8 L'irrigation agricole par les eaux usées épurées

Les eaux usées sont utilisées pour irriguer les terres en raison de la forte demande en eau, de la disponibilité des eaux usées, de l'augmentation de la productivité que les nutriments ajoutés et de la matière organique apportée et de la possibilité de semer toute l'année. Les eaux usées sont utilisées pour irriguer sous des nombreuses formes. Il peut être utilisé comme traité (eau récupérée) ou non traité (eaux usées brutes) (**JIMENEZ et GARDUÑO, 2001**).

III.9 Réutilisation des eaux usées traitées (reut) en méditerranée

En Méditerranée, 65% des ressources en eau conventionnelle et 80% dans les pays du Sud sont consommées par l'agriculture irriguée 1. Les eaux usées traitées apparaissent donc comme une alternative forte pour économiser de l'eau 2. Dans cette région du monde, l'agriculture est amenée à rester le domaine nécessitant la plus grande demande en eau, avec une population en croissance, un besoin d'irrigation grandissant, et un climat de plus en plus chaud et aride. Pour le futur, la réutilisation des eaux usées (REUT) fait sans aucun doute partie des stratégies de conservation de la ressource en eau³. Pourtant, « la proportion d'EUT au regard du volume d'eau irriguée, est, pour la plupart des pays, encore très réduite : 1% à l'échelle mondiale » (**LAMADDALENA et al., 2020**).

III.10 Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurées

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances présentant des dangers pour la santé humaine. Ce sont les micro-organismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) et les micropolluants (métaux lourds et micropolluants organiques). Dans les stations d'épuration, des traitements (décantation, filtration, digestion bactérienne, etc.) permettent de réduire fortement les concentrations de ces contaminants (**SAMUEL BAUMONT et al., 2004**).

Le risque pour la santé lié à l'utilisation de l'eau traitée est fonction des deux concentrations de contaminants dans ces eaux. le taux de traitement additionnel appliqué et le degré d'exposition des populations. Ce degré d'exposition est fonction de la manière dont l'eau sera utilisée. Cela peut être à des fins agricoles, industrielles ou urbaines (**SAMUEL BAUMONT et al., 2004**).

III.10.1 Risque microbiologique

La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses, essentiellement, les pathogènes entériques. Les fèces des personnes et des animaux infectés représentent la source principale des pathogènes présents dans les eaux usées. De ce fait, la nature et la concentration des microorganismes pathogènes des eaux usées épurées dépendent de la santé des populations (**TAMRABET et al., 2003**).

III.10.2 Risque chimique

Il est lié aux éléments traces. La seule voie de contamination préoccupante pour les éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. L'accumulation des micropolluants dans les plantes est plus problématique, quoique certains de ces micropolluants soient d'intérêt en tant que facteurs de croissance des végétaux. Le Compromis entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique doit être trouvé (**BAUMONT et al., 2004**).

III.10.3 Impact sur l'agriculture

Lorsque les EUE sont utilisées comme eau d'irrigation, la situation est radicalement différente. Un fort enrichissement en ions Na^+ et Cl^- est observé avec une diminution de la teneur en calcium. Ces variations nous amènent à suggérer qu'il s'agit d'un échange ionique avec les agrégats du sol entre les ions Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} , ce qui est en accord avec les résultats de PEDRERO ET ALARCON (2009).

Les concentrations des ions sulfates et bicarbonates rapportées pour les EUE ne créent aucun risque pour la nappe. Par contre, des précipités de carbonates de calcium ou de magnésium peuvent être prévus, ce qui provoquera une augmentation de la salinité comme l'a démontré les travaux de JALALI (2008) (**HIND MOUHANNI et al., 2012**).

III.10.4 Impact sur le sol

La majorité des agriculteurs, estimés de 86%, n'a pas constaté d'effets néfastes par l'utilisation des eaux usées épurées. D'autres ont constaté que les eaux usées épurées produisent des effets néfastes sur les sols par la salinisation et l'eutrophisation respectivement par 9% et 5% des exploitants enquêtés. Le phénomène d'eutrophisation sur les sols est visible par la couleur vert, indice de microflore où la biomasse s'intensifie suite à l'apport des eaux usées épurées (BOUHANNA A *et al.*, 2015).

III.10.5 Impacts sur les cultures

L'irrigation avec les eaux usées épurées fournit aux plantes en plus de l'eau des amendements organiques et des éléments fertilisants. 71% des agriculteurs ont remarqué qu'il y a un accroissement notable des végétaux irrigués par les eaux épurées par rapport à ceux irrigués par les eaux conventionnelles. Le reste des exploitants disent le contraire, et signalant un effet néfaste de ralentissement de la croissance et de chlorose. Toutefois, notre enquête n'a pas dévoilé des troubles sanitaires comme les maladies à transmission hydrique chez les exploitants par l'usage des eaux usées épurées (BOUHANNA A *et al.*, 2015).

III.11 Situation actuelle des eaux usées et leur réutilisation

En Algérie, les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau, au même titre que les eaux superficielles et souterraines, leur volume annuel est estimé entre 700 et 750 millions de m³ par an, dont plus de 550 millions de m³ correspondent aux agglomérations de plus de 50 000 habitants. La capacité totale de traitement est près de 7 million Eq/H, soit un débit nominal journalier de plus d'un million m³/j (plus de 52% de la population raccordée à un réseau d'assainissement bénéficie d'un traitement d'eau usée). Selon le MRE, plus de 160 millions de m³ d'eaux usées ont été épurées en 2013, pour une population de près de 20 millions d'habitants (BOUCHAALA LAID, 2017).

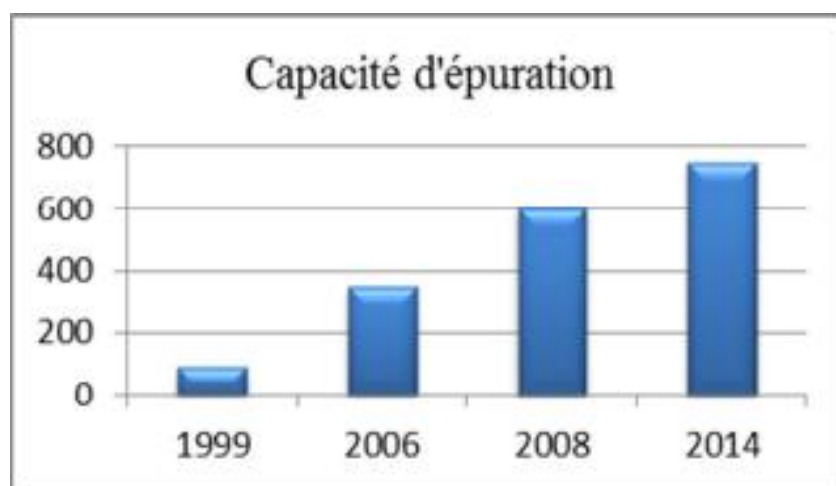


Figure 07 : Evolution des capacités d'épuration (BOUCHAALA LAID, 2017).

III.12 Norme de réutilisation des eaux usées

Selon l'ONA : La norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles - Spécifications physico-chimiques et biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR.

Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit (HANNACHI A *et al.*, 2014).

- ✓ ISO 16075-1:2015, Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation – Partie 1 : Les bases d'un projet de réutilisation en irrigation, qui contient des lignes directrices pour l'ensemble des éléments d'un projet fondé sur l'utilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation
- ✓ ISO 16075-2:2015, Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation – Partie 2 : Développement du projet, qui couvre des questions telles que les critères relatifs à la conception et les spécifications concernant la qualité
- ✓ ISO 16075-3: 2015, Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation – Partie 3 : Éléments d'un projet de réutilisation en irrigation, qui couvre les éléments d'un projet nécessaires pour l'utilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA STEP

I. Présentation de la STEP**I.1 Présentation de la station d'épuration STEP N°1**

La station d'épuration des eaux usées STEP N° 01 est celle de type lagunage aérée. Qui composée de six lagunes aérée réparties en deux étages de traitement et de trois lagunes de finition (3^{ème} étage), d'un ouvrage de prétraitement (dégrillage , dessablage) , de 14 lits de séchage des boues d'épuration et de bâtiment d'exploitation, ainsi que le montage des équipements hydromécaniques et électriques .

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

Kouinine est située sur niveau de 97 m au-dessus de la mer, et d'augmenter l'élévation vers le sud, tandis que la baisse dans le Nord .

Notre étude permettra notamment de déterminer le pouvoir épurateur physicochimique et biologique des eaux de la ville d' EL-Oued par la station d'épuration de Kouinine STEP N°1 (ONA, 2009) .

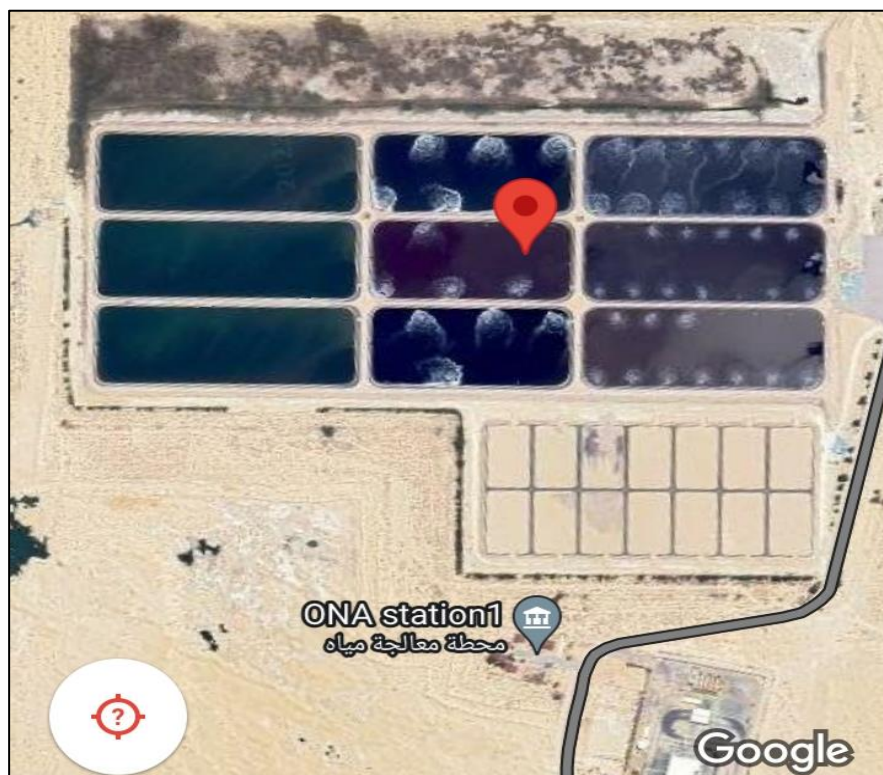


Figure 08 : Station d'épuration des eaux usées Kouinine – El'Oued (Google map, consule 10/06/2023).

I.2 Situation géographique de la station d'épuration

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

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

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

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

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

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

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

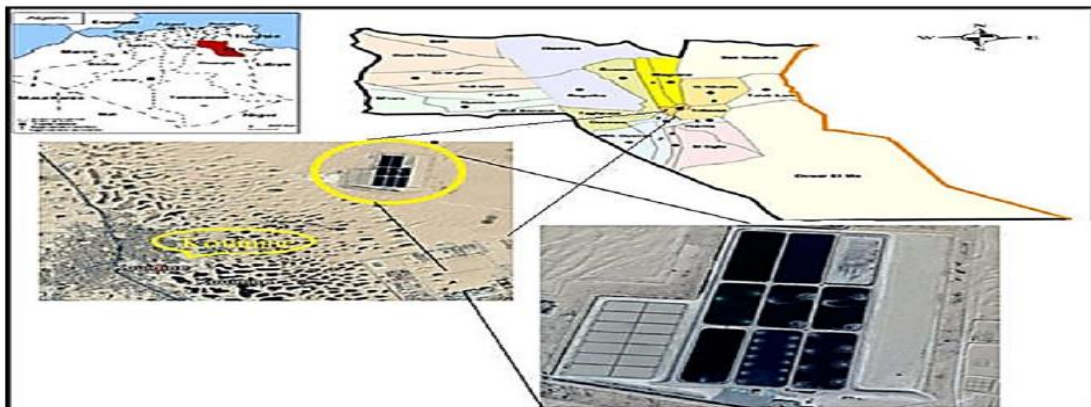


Figure 09 : Carte de situation de STEP 01 Kouinine (ZOBEDI A, 2017).

I.3 Objectif de traitement de la station

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

I.4 Description de STEP N°1

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

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

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

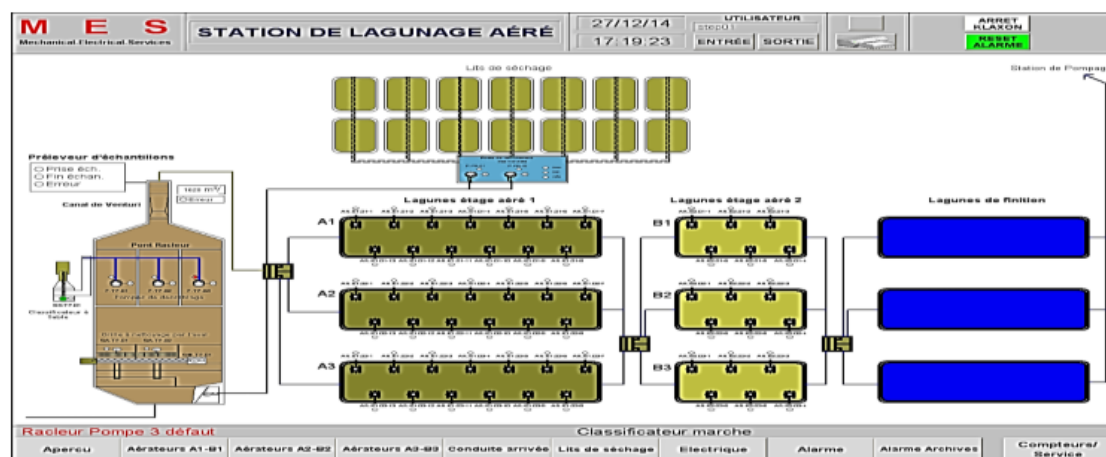


Figure 10 : schéma présenté station de lagunage aéré de STEP N°1 de Kouinine (ONA, 2011).

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

Le prétraitement comporte les éléments suivants :

☐ Dégrillage :

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



Figure 11: Dégrillage(ONA, 2009).

☐ Dessablage :

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



Figure 12 : Dessablage(ONA, 2009).

□ Ouvrage de répartition :

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



Figure 13: Répartiteur vers les bassins d'aération (ONA, 2009).



Figure14: Lagune aérée (ONA, 2009).



Figure15: Lagune de finition (ONA, 2009).



Figure 16: Lit de séchage des boues(ONA, 2009).

CHAPITRE II

MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1 Période de stage

Notre passage au niveau de la station d'épuration consiste à suivre la qualité physico-chimique des eaux usées domestiques collectées et traitées au niveau de la station d'épuration d'EL-OUED pour une éventuelle réutilisation dans le domaine de l'agriculture, pour ce faire on interpréter les résultats obtenus pendant notre stage a la STEP1 de KOUININ qui d'étale de 26/02/2023 jusqu'au 20/03/2023.

Ainsi qu'une étude microbiologique (bactérienne) à la Direction Algérienne de l'Unité EL-OUED et Vallée durant la période de 02/05/2023 à 04/05/2023.

II.2 Matériels

Tableau 03 : Matériel utilisé dans les analyses physico-chimiques et bactériennes dans un laboratoire L'ONA et de L'ADE

	Matériels utilisée		
	Appareil utilisée	Instrument	Réactifs
L'analyse physicochimique dans laboratoire de L'ONA	-Préleveur d'échantillon -Conductivité mètre -pH mètre -Oxymétrie - Spectrophotomètre - Senseur BDO5 (OXITOP, WTW) -Etuve105° -Rampe de filtration -Balance électrique -Thermo-réacteur - Agitateur	-Verrerie -Dessiccateur -Papier filtre en verre diamètre 47mm -Pince -Micropipette -Barrou-magnétique -Support d'alcalin (caoutchouc) -Pastilles de Na OH -Eprouvette graduée -Béchers	-Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) -Réactifs phosphate (LCK 348) gamme (1.5 à 15.0 mg/l) -Réactifs nitrite (LCK 341) gamme (2 à 20 mg/l) -Réactifs nitrate (LCK 339) gamme (1 à 60 mg/l). -Réactifs ammonium (LCK 302) gamme (60 à 167 mg/l) - Réactifs azote total (LCK 338) gamme (20 à 100 mg/l).
Analyses bactériologiques dans laboratoire de L'ADE	• Réfrigérateur (ENIEM) • Etuve (KB53 N°SERIE7000T ,0027 BINDER) • Pompe à vide (N86KN18 D-79112FREIBURG KNF neuberger 6) •Bain marie (N°SERIEB231310 WB M15 FLAC) • Bec benzène • Loupe bactériologique • Rampe de filtration (A5 60015 N°REF : 10444850 6 PLACE DE	- Pipette de pasteur - Tube à essai - Boîtes de pétrie	-Additif sulfite de sodium -Additif Alun de fer -Huile de vaseline -VF/180ml conservation 2à8° (Gélose).

	FILTRATION SCHLEICHER) • Autoclave (N°SÉRIE 40014150 AUTESTER-F 75DRYPV)		
--	--	--	--

II.3 Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Les prélèvements doivent être dans des flacons en plastique préalablement bien lavés et rincés avec de l'eau à examiner.

Les prélèvements sont réalisés au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP), et à la sortie (bassin de finition) au matin (8:30h) pendant une période de 02 mois (février et Mars). Nous avons pris l'échantillon de la région en le point de rejet de réseau d'assainissement de KOUININ.

II.4 Méthodes

II.4.1 Analyse des éléments physico-chimique

Les analyses physicochimiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de STEP N° 01 de KOUININE d'El-Oued.

II.4.1.1 Les paramètres physiques de l'eau

A. Température

❖ Mode opératoire

- Prendre dans un bécher une quantité de l'eau à analyser.
- Tremper le thermomètre dans le bicher.
- Laisser ce dernier quelque minute jusqu'à stabilisé.
- Noter la valeur de température.

B. Mesure de la conductivité électrique (CE)

le principe de La conductivité Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé (RODIER et al., 2005).

❖ Mode opératoire

- Prendre dans un bécher une quantité de l'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le bicher .
- Laisser ce dernier quelque minute jusqu'à stabilisé.

- Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

C. Mesure de matières en suspension (MES)**❖ Mode opératoire**

- Mouiller le papier filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre le papier filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C .
- Laisser refroidir le papier filtre dans le dessiccateur quelques minutes.
- Peser le papier filtre sur la balance (P1 en mg).
- Placer le papier filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide.
- Filtrer un volume de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau.
- distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau.
- Retirer avec précaution le papier filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates.
- si nécessaire, le papier filtre peut être pilé.
- Placer le papier filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur.
- Peser le papier filtre sur balance (P2 en mg).

D. Turbidité**❖ Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU (RODIER, 2005).

E. Mesure de la Salinité (Sal)**❖ Mode opératoire**

Après l'obtenir la valeur de la conductivité électrique, on clique sur le bouton M 4 fois, AR puis Entrer pour la lecture de valeur de la salinité sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé (ONA, 2017).

F. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)**❖ Mode opératoire**

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 10, 7 et à puis introduit dans l'eau à analyser, dont la température s'affiché avec pH au même temps (RODIER et al., 2005).

G .Mesure de l'oxygène dissous (O₂ dissous)**❖ Mode opératoire**

La mesure du l'oxygène dissous est effectuée par l'oxymétrie électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé (**Rodier et al., 2005**).

H. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)**❖ Mode opératoire**

Évaluer la plage de mesure de l'échantillon à analyser et choisir la taille de l'échantillon selon le Mesurez le volume exact de l'échantillon à l'aide du flacon de trop-plein et versez-le dans la bouteille DBO Insérez la barre d'agitation dans la bouteille DBO Ajouter les gouttes nécessaires d'ATH dans le flacon Fixez la sonde DBO à la bouteille Placer l'échantillon sur le support du flacon - Incuber l'échantillon à 20 °C après avoir allumé l'appareil Lire les valeurs après 5 jours.

Demande Chimique en Oxygène (DCO)**❖ Mode opératoire**

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension.
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- Mélanger le contenu de tube.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir.
- Retirer le tube et le laisser refroidir dans un portoir.
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).
- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesuré est longtemps stable).

II.4.1.2 Les Paramètre Organique de l'Eau**A. PO₄⁺****❖ Mode opératoire**

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif.
- Ajouter 0.5ml de l'échantillon.
- Bien mélanger le tube de réactif.
- Laisser reposer pendant 15 min, puis le mettre dans le thermo-réacteur à 100°C pendant 1 heure

- En sortez le tube à essai de la machine, puis le laisser refroidir.
- Bien mélanger le tube de réactif.
- En ajoute 0.2 ml de solution B dans le tube de réactif.
- Ajoute 1 capsule C dans le tube de réactif.
- Bien mélanger le tube de réactif.
- Laisser pendant 10 minutes.
- En mettez tube à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

B. Nitrites NO₃- (mg/l)**❖ Mode opératoire**

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif.
- Ajouter 2 ml de l'échantillon.
- Tournez le couvercle et fermer le tube de réactif.
- Bien mélanger le tube de réactif.
- Laisser reposer pendant 10 minutes.
- En mettez tube de réactif dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

C. Ammonium NH₄⁺ (mg/l)**❖ Mode opératoire**

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif .
- Ajouter 2ml de l'échantillon.
- Tournez le couvercle et fermer le tube de réactif.
- Bien mélanger le tube à essai.
- après 15 minutes En mettez tube de réactif dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

D. Azote total (NT)**❖ Mode opératoire**

- Dans un tube à essai mis 0.2 ml d'échantillon avec 2.3 ml de solution A et une capsule de B.
- Laisser reposer pendant 15 min, puis le mettre dans le thermo-réacteur à 100°C pendant 1 heure.
- En sortez le tube à essai de la machine, puis le laisser refroidir le tube et puis en ajoute 1 capsule C dans le tube d'essai.
- Bien mélanger le tube à essai.
- Prenez 0.5 ml de la mélange et de les mettre dans le tube de réactif.
- Ajouter 0.2 ml de la solution D.

- Bien mélanger le tube de réactif.
- après 15 minutes En mettez tube à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

E. Nitrates NO₃- (mg/l)**❖ Mode opératoire**

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif.
- Ajouter 1 ml de l'échantillon.
- Ajouter 0,2 de la solution A.
- Fermer le tube de réactif et mélanger le tube de réactif bien.
- après 15 minutes En mettez tube de réactif à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le Résultats

F. Phosphore (PT)**❖ Mode opératoire**

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif.
- Ajouter 0.5ml de l'échantillon.
- En ajoute 0.2 ml de solution B dans le tube de réactif
- Ajoute 1 capsule C dans le tube de réactif.
- Bien mélanger le tube de réactif.
- Laisser pendant 10 minutes.
- En mettez tube à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

○ Analyses Bactériologiques

L'analyse de l'eau traitée à l'ADE du 2.3.4/05/2023, sont les suivants :

a) Principe générale

Le principe général des techniques des analyses bactériologique des eaux brute et traitée consiste àensemencer une quantité connue d'eau à analyser sur un milieu de culture adapté, solide ou liquide. On suppose que, pendant l'incubation, chaque microorganisme présent se développe pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements d'apparence dans un milieu liquide essentiellement un trouble de celui-ci (**JORA, 2013**).

b) Les germes totaux**A. Recherche et dénombrement des coliformes et d'*Escherichia coli***Test présomptif

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml des eaux usée épurée
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml des eaux usée épurée
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml des eaux usée épurée
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;
- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

Expression des résultats des *Coliformes* totaux

Le nombre des *coliformes* totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de MAC-GRADY qui nous donne le nombre le plus probable (NPP) (ABDI et al., 2013).

Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*Escherichia coli*

- On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
- Un trouble avec un dégagement gazeux ;
- Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

Expression des résultats des *Coliformes fécaux*

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des *coliformes* totaux sur la table de MAC-GRADY (ABDI et al., 2013).

B. Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux***❖ Mode opératoire**Test présomptif

- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe simple concentration avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau à analyser ;
- On incube à 37 °C à 48 heures ;
- Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky (éthyle violet d'acide de sodium)
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque fécal, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'*E. Coli* en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table MAC-GRADY (CHAIBI, 2014).

C. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs***❖ Mode opératoire**

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- On remplit les 4 tubes par la gélose viande foie.
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies *sulfito-réducteurs* sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures.
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

Expression des résultats

Le nombre total de colonies noires dans le tube est détecté en comptant le diamètre de 0.5mm de colonies dans chaque tube. On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml (LEBRES, & MOUFFOK, 2008).

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats d'Analyse Physico-Chimique de l'Eau

Résultats obtenus en ONA 2022 en quatre mois (décembre, mars, juillet, octobre) selon les différentes saisons de l'année.

Tableau 04 : Tableau des résultats physico-chimique pour 2022 et 2023

	Résultats Physico-Chimique Pour 2023				Résultats Physico-Chimique (ONA, 2022)						Norme
	Février		Mars		Juillet		Octobre		Décembre		
	Brut	Epurée	Brut	Epurée	Brut	épurée	Brut	Epurée	Brut	Epurée	
T T°C	16.9	14.70	13.65	9.1	34.16	33.29	28.87	27.57	20.1	14.4	30
PH	7.99	8.07	7.84	8.07	7.80	7.96	6.98	7.75	6.72	6.82	7
CE ms/cm	5.25	5.37	5.37	5.4	5.33	7.96	5.33	5.20	4.8	5.06	5
Sal	2.8	2.9	2.89	2.86	2.94	2.96	2.95	2.80	2.5	2.7	2.5
O2 mg/l	0.64	5.50	0.51	5.99	0.48	1.98	0.26	4.66	0.42	5.22	5
MES mg/l	272	23	259	71	308.7	22.2	320	40.9	248	22.5	40
DBO5 mg/l	307	41	280	64	220	40	250	42	310	34	40
DCO mg/l	561	168.0	635	147	765	159	591	89.1	480	165	100
NH4+ mg/l	87	55	49.3	40.6	164.8	70.6	81	61	104	78	40
NH3- mg/l	0.903	0.460	0.983	5.3	0.790	2.69	1.03	3.14	0.523	1.1	10
NH2- mg/l	0.176	0.089	0.227	1.03	0.130	0.230	0.610	0.812	0.160	0.190	10
Nt mg/l	120	100	66	40.6	147	90	110	95	170	145	50
Po4+ mg/l	5.67	0.171	5.89	0.2	3.85	0.30	4.95	0.312	10.3	0.718	2
Pt mg/l	12.9	9.92	7	4.5	5.32	3.42	6.14	2.25	9	4.54	10

Nous avons analysé les éléments chimiques physiologiques des eaux usées au laboratoire de STEP de KOUININ à l'entrée et à la sortie. En comparaison avec les valeurs normales, nous obtenons les résultats suivants :

III.1.1 Température (T°C)

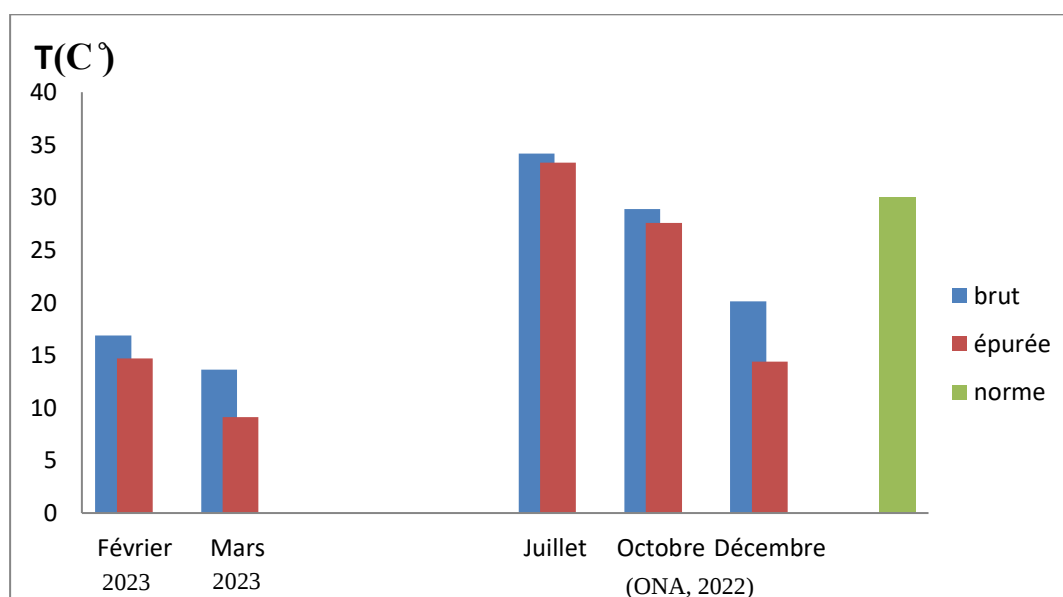


Figure 17 : histogramme de variation de Température T°C d'eau brute, eau épurée et la norme.

Les résultats des mois Février et Mars c'était loin des valeurs de norme algérienne 30 °, mais les degrés des mois Juillet et Octobre de l'année 2022 (33.9 ; 27.57 respectivement) elle était proche de valeur de la norme. Cela est dû à l'état de l'atmosphère dans cette période.

Comparativement à l'étude de (NAWAL ABABSA et *al.*, 2020) leur résultats étaient les suivantes, Les températures moyennes mesurées in situ pour les trois types d'effluents étaient inférieures à 25 C, ce qui est considéré comme une limite de température supérieure des eaux de surface algériennes. Les températures moyennes enregistrées étaient de 21,38, 23,44 C et 19,06 C pour les sites S1, S2 et S3, respectivement.

Les valeurs sont supérieures aux résultats obtenus, mais aussi loin de la norme.

III.1.2 Potentiel hydrique (pH)

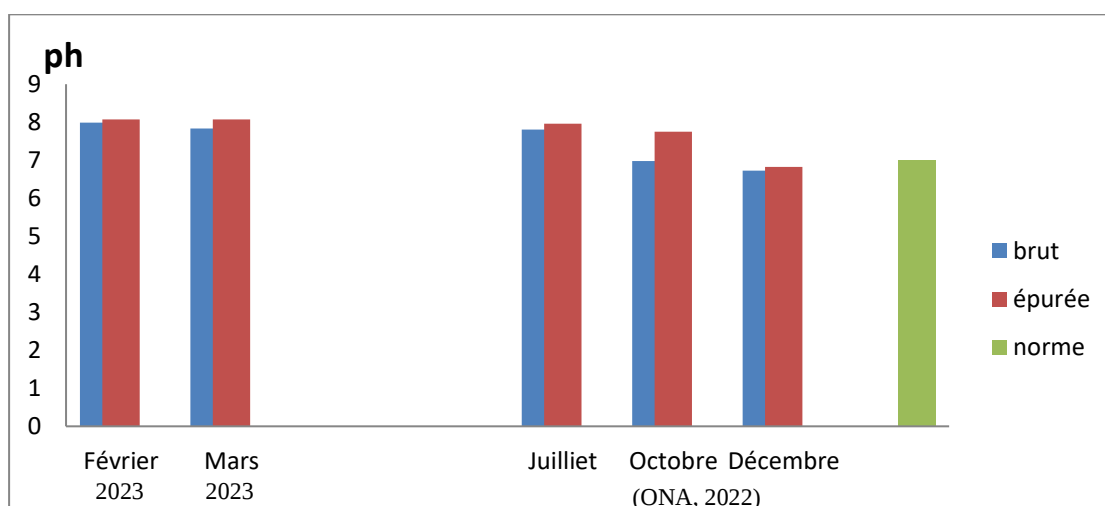


Figure18 : histogramme de variation de Potentiel hydrique (pH) d'eau brute, eau épurée et la norme.

Les valeurs de Ph de notre travaille 8.07 de les deux mois et les résultats de l'année 2022 de tous les mois entre 6.72 et 7.96 près de la norme Algérienne.

Les valeurs obtenues sont presque identiques à celles trouvées par (NAWAL ABABSA et al., 2020) en moyenne 8.06.

Autrement dit, l'acidité de l'eau à l'intérieur est modérée et d'une source domestique, pas industrielle.

III.1.3 La Conductivité Electrique (Cond)

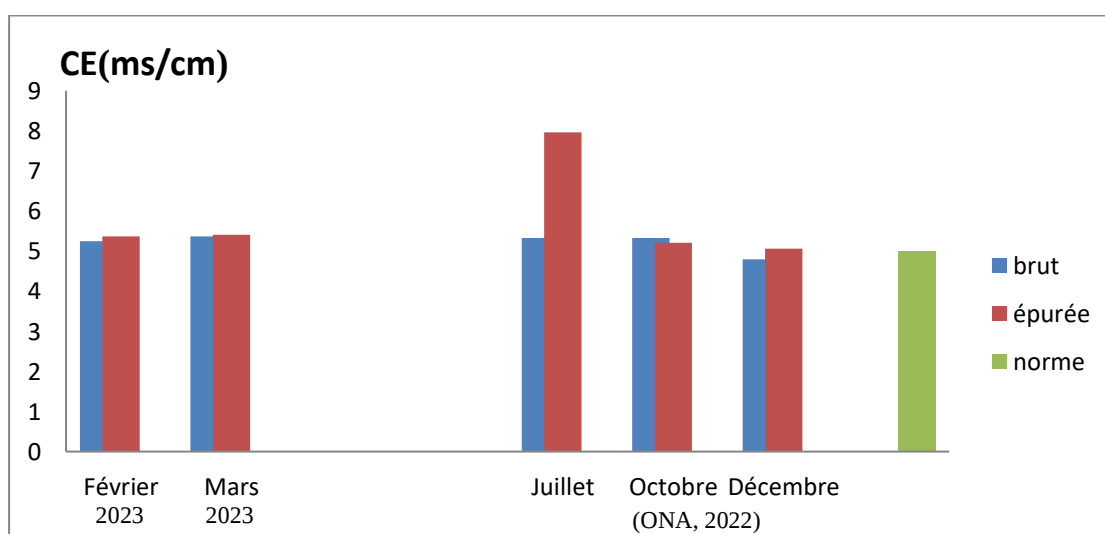


Figure 19 : Histogramme de variation La conductivité électrique (Cond) de d'eau brute et eau épurée.

Les valeurs CE indiquent la décomposition et la minéralisation de la matière organique associée aux eaux usées provenant de la ville et des résidents voisins (F. GUEMMAZ et *al.*, 2020).

La conductivité de l'eau épurée de mois Février et Mars très proche de la norme 5ms/cm, presque les mêmes résultats pour Octobre et Décembre, où les valeurs entre 5.06-5.4 ms/cm. La meilleure valeur est du mois Mars 5.4 ms/cm.

Les valeurs obtenues sont bonnes par rapport à celles trouvées (YAMINA ELMEDDAHI et *al.*, 2015) qui était entre 2.00 à 2.78 mS/cm.

III.1.4 Salinité (SAL)

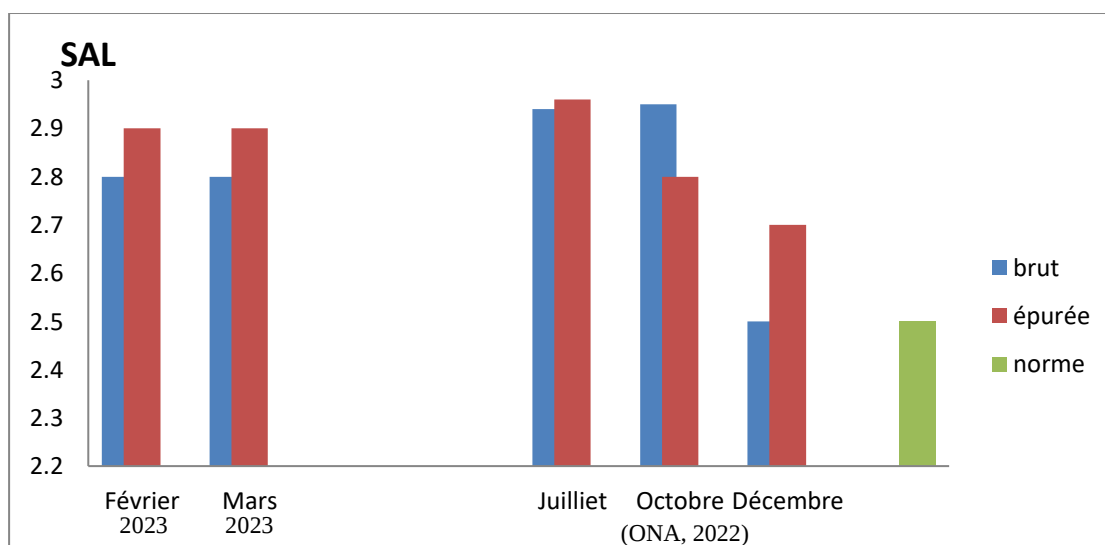


Figure 20 : Histogramme de variation La Salinité (SAL) de d'eau brute et eau épurée.

Les résultats obtenus acceptable par rapport la norme 2.5 de tous les mois de notre travail et de dernière année entre les valeurs 2.7 et 2.9. La meilleure valeur est du moi décembre 2.7.

D'une façon générale, pour chaque la concentration moyenne de la salinité des eaux traitées est inférieur à celle des eaux brutes dû principalement à la précipitation des sels dissous de l'eau au fond du bassin (DAHOU & BREK, 2013).

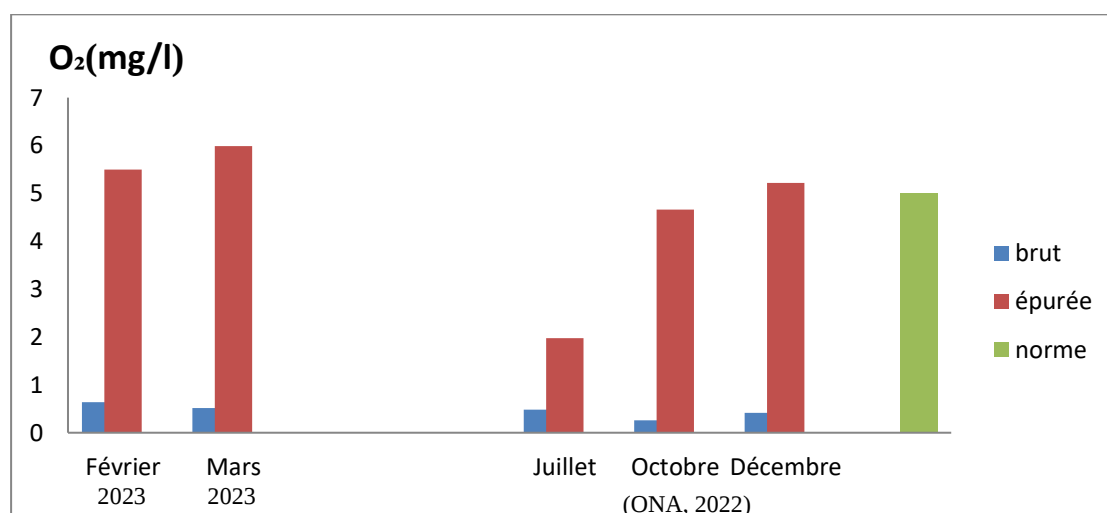
III.1.5 L'oxygène Dissous (O₂)

Figure 21 : Histogramme de variation L'oxygène dissous (O₂) de d'eau brute et l'eau épurée et la norme.

Nos valeurs pour février et mars est 5.50 et 5.99mg/l, respectivement. Et les autres valeurs des mois de l'ONA (octobre 4.66mg/l ; décembre 5.22mg/l), proche du la norme 5mg/l. la meilleur valeur est de mois décembre 5.22mg/l.

Selon (SOUDE MARILYN KAREN et *al.*, 2018), leurs résultats étaient 4.05 à 4.2mg/l, un peu moins que les résultats réfléchié que nous avons obtenus.

III.1.6 Matières En Suspension MES

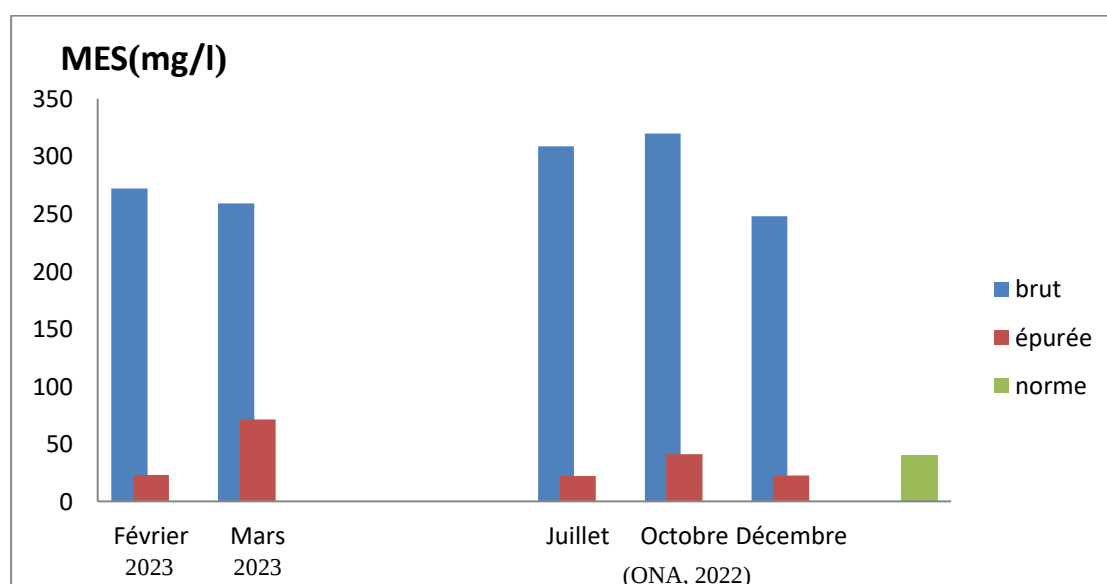


Figure 22 : Histogramme de la variation de la MES d'eau brute, eau épurée et la norme

L'épuration des eaux usées de matériel en suspension ce n'était pas bon au mois Février et Mars, aussi les résultats de les mois Juillet et Décembre très loin du la norme Algérienne 40 mg/l. la meilleur valeur est 40.9mg/l au mois Octobre.

D'une autre étude, dans la même station, les résultats oscille autour de 12.9mg/l et 59.5mg/l maximum (ZOBEDI AMMAR, 2017).

Notre valeurs le minimum 23mg/l et le maximum 71mg/l au moi Mars, un peu plus par rapport aux résultats de l'étude précédente, mais les deux sont loin d'épuration requis.

III.1.7 Demande Chimique en Oxygène DCO

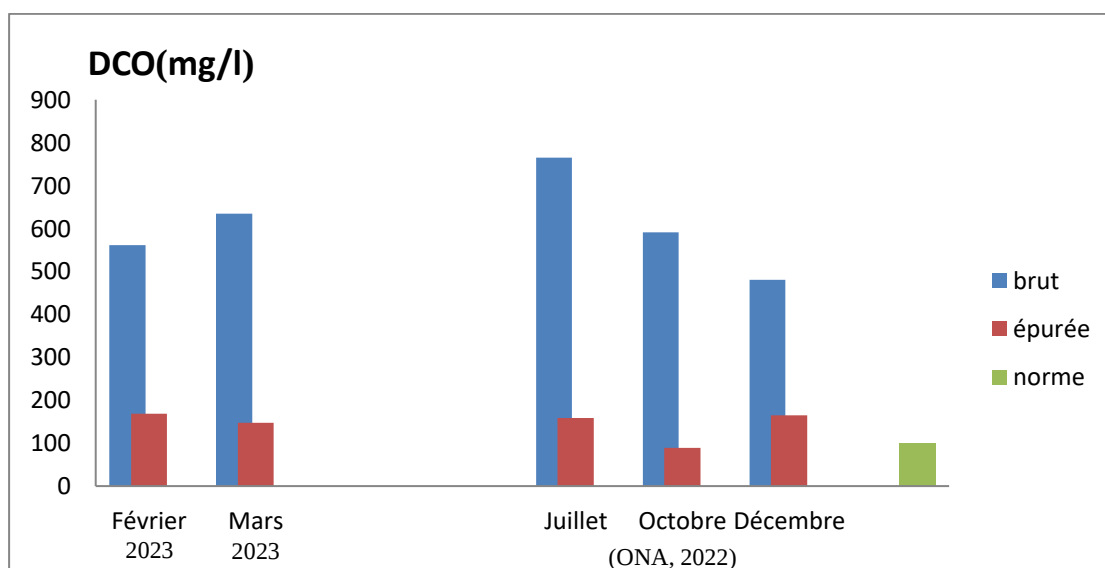


Figure 23 : Histogramme de la variation de la DCO d'eau brute, eau épurée et la norme

La DCO est un indicateur des conditions toxiques et de la présence de substances organiques bio-résistantes (F. GUEMMAZ et al., 2019).

A partir de l'histogramme, nous remarquons pour les deux années aucun valeur satisfaisante par rapport à la valeur standard 100mg/l ; en termes de valeur inférieur entre les deux années 89.1mg/l au mois Octobre et le maximum 168.0mg/l au moi Février.

La valeur moyenne sortante est 132,24 mg/L pour lagune Sidi Senoussi qui étudiée par (MOUNIRA CHACHOUA et ABDELALI SEDDINI, 2013). Les deux stations rejettent des concentrations supérieures à la norme Algérienne.

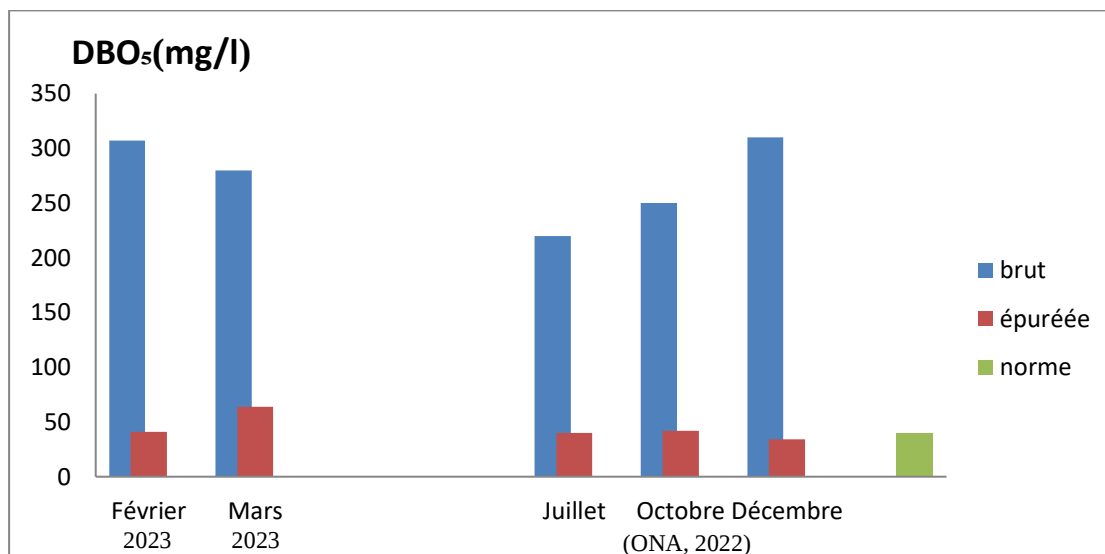
III.1.8 Demande Biologique en Oxygène DBO₅

Figure 24 : Histogramme de la variation de la DBO₅ d'eau brute, eau épurée et la norme.

La DBO₅ est un paramètre qui indique la quantité d'oxygène utilisée pour la dégradation des matières organiques décomposables par des processus biochimiques (**AZ. REKRAK et al., 2020**)

D'après les résultats obtenus, les concentrations de DBO₅ durant les années 2022-2023 des eaux épurée très proche de la norme 40mg/l. sauf les valeurs de Mars 64mg/l et 34mg/l au mois Décembre. La meilleure valeur est de mois juillet 40mg/l.

Pour le lagunage d'Emir Abdel Kader, la valeur moyenne sortante est 45,46 mg/L. (**MOUNIRA CHACHOUA et ABDELALI SEDDINI, 2013**) ; par rapport à nos résultats, ils sont très peu plus élevés.

III.1.9 Matières Azotées

Le suivi du relargage d'azote au cours du traitement peut être de caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement composé de protéines, de polypeptides, d'acides aminés, d'urée et d'autres composés. Dans la plupart des cas, ces produits sont présents à de très faibles concentrations. Quant à l'Azote minéral (Azote Ammoniacal, Nitrate, Nitrite), il représente l'essentiel de l'Azote total.

- Détermination de l'Azote Total NT

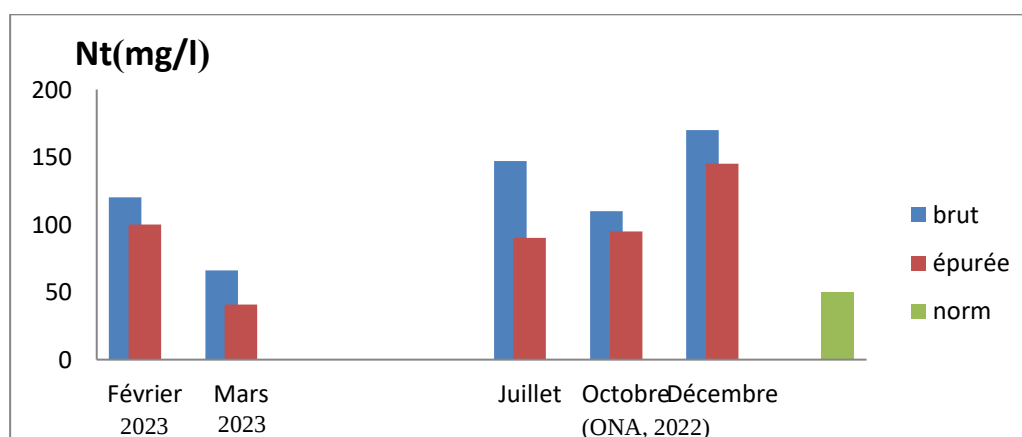


Figure 25 : Histogramme de la variation de l'Azote Total NT d'eau brute, eau épurée et la norme.

- Détermination de l'Ammonium (NH_4^+)

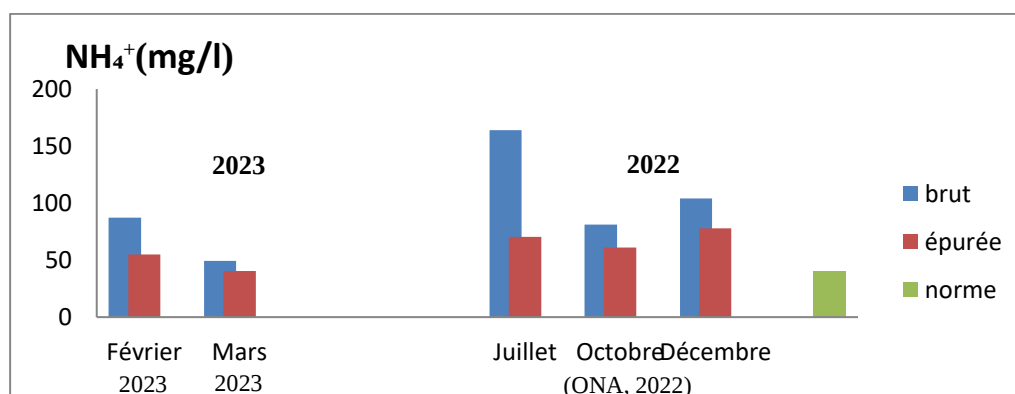


Figure 26 : Histogramme de la variation de l'Ammonium (NH_4^+) de d'eau brute, eau épurée et la norme.

- Mesure le Nitrite (NO_2^-)

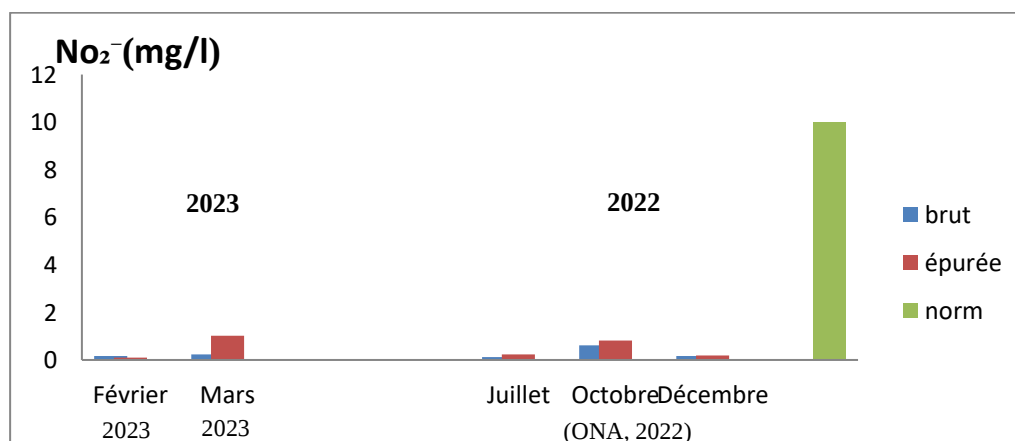


Figure 27 : Histogramme de la variation du Nitrite (NO_2^-) de d'eau brute, eau épurée et la norme.

- Détermination du Nitrate (NO_3^-)

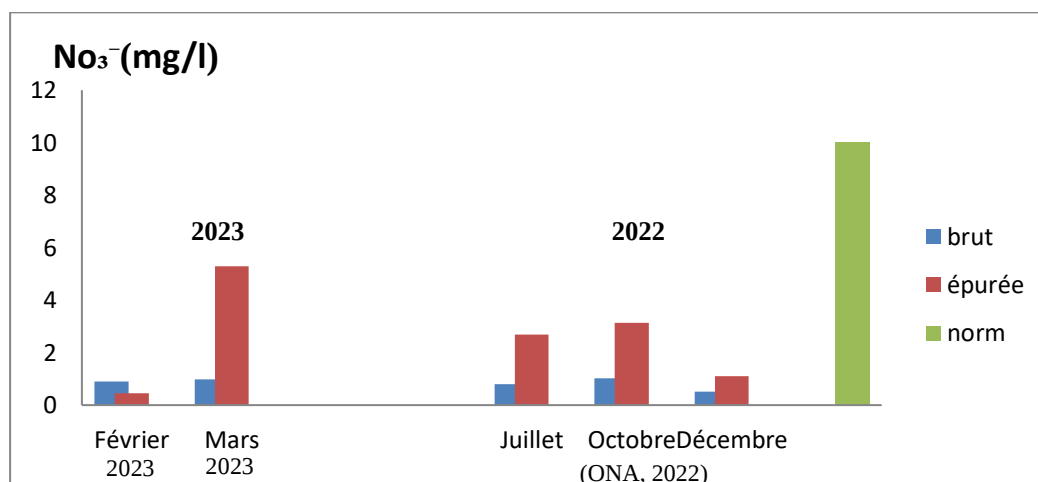


Figure 28 : Histogramme de la variation du Nitrate (NO_3^-) d'eau brute, eau épurée et la norme.

Les concentrations de Nt , NH_4^+ , NO_2^- et de NO_3^- par rapport leurs norme 40.6 - 145mg/l (la norme 50) ; 40.6 – 78mg/l (40) ; 0.089 – 1.03mg/l (10) ; 0.460 – 5.3mg/l (10), respectivement. Ces résultats de notre travail et les valeurs de l'ONA 2022. Toutes les valeurs d'azotes très faibles, seul 40.6mg/l pour Nt au mois Mars, 40.6mg/l de l'Ammonium en Mars et 5.3mg/l pour le nitrate aussi en Mars. Toutes les bonnes valeurs obtenues de l'Azotes étaient en Mars.

En revanche, les résultats de (ZOBEDI AMMAR, 2017) étaient : l'Ammonium 38.18 -59.20mg/l ; nitrite 0.75-1.74mg/l ; nitrate 2.82- 6.39mg/l et Nt 43.10-68.56mg/l en comparaison du notre résultats étaient moins pour l'Ammonium et l'Azote Totale, et plus pour Nitrite et Nitrate.

Bien que ces nutriments améliorent la croissance des plantes, ils devraient être examinés régulièrement pour éviter l'accumulation (Y. ELMEDDAHI et al.)

III.1.10 Les Composés Phosphorés

• Détermination du Phosphore Total PT

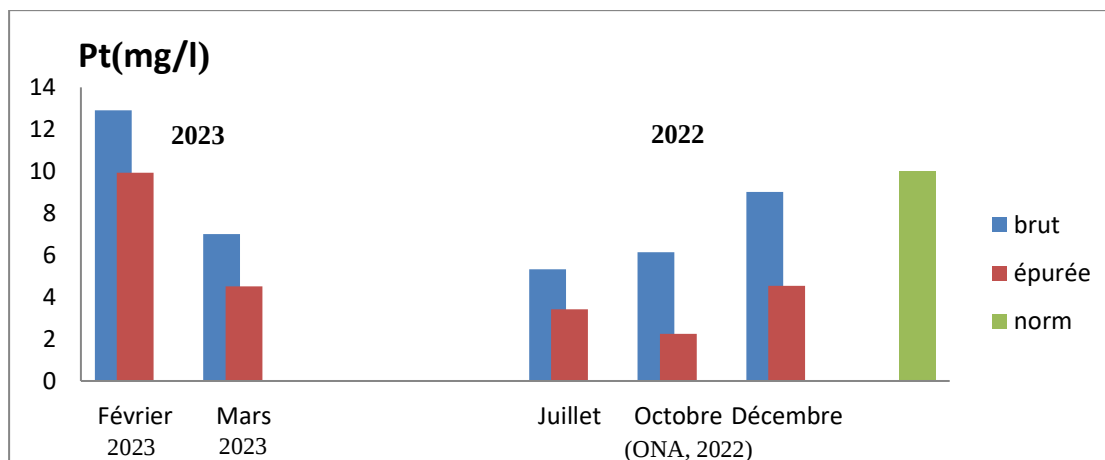


Figure 29 : Histogramme de la variation du Phosphate Total PT d'eau brute, eau épurée et la norme.

• Détermination du Phosphate PO₄⁺

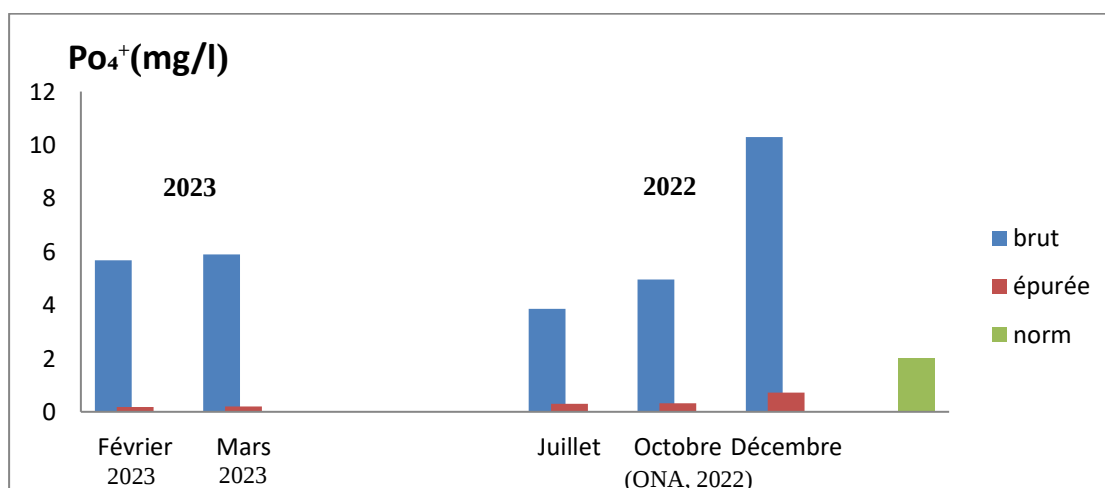


Figure 30 : Histogramme de la variation du Phosphate PO₄⁺ d'eau brute, eau épurée et la norme.

Généralement, les valeurs des Phosphates et l'ortho Phosphates très peu par rapport la norme, sauf les valeurs de Pt de mois Février 9.92mg/l très proche du la norme Algérienne 10mg/l.

L'étude de (HAGGI et al., 2018) trouvé presque les mêmes résultats que nous avons obtenus en moyenne 0.2mg/l pour l'ortho Phosphate et 4.5mg/l de Phosphate Totale.

Le Phosphore est un élément important dans le domaine de l'épuration des eaux usées. Lorsqu'il est rejeté dans le milieu naturel à forte concentration, il est responsable de l'eutrophisation des eaux superficielles (SOUDE MARILYN KAREN, 2018).

III.2 Résultats d'Analyse Bactériologies

Tableau 05 : Résultats Bactériologie des eaux épurée dans l'ADE 2023.

paramétré	Germe totaux	<i>E. coli</i>	<i>Streptocoque fécaux</i>	<i>Sulfuto-réducteur</i>
Nombre de colonies	indénombrable	210 colonies	1100 Npp	00 Npp

Nous notons à partir des résultats obtenus après l'analyse sur l'eau traitée menée au mois de 03/2023. Comme suit

- La quantité d'*E.coli coli* est si élevée qu'elle devrait être significativement plus faible que sa prévalence dans l'eau brute après le traitement biologique de l'eau.
- *Streptocoque fécaux*, Analyses montrent qu'il y a une charge significative de ce type bactérien dans l'eau traitée.

Malgré la cinétique de l'eau à la station, l'apparence de ces valeurs est considérée comme relativement élevée et maintient la proportion de dommages. Ce résultat est dû à des raisons techniques à la station, y compris des problèmes de fuite à l'intérieur des bassins de la station et l'absence de pompage d'eau à faible profondeur après traitement.

Pour le CSR, le résultat de l'analyse des eaux traitées est une colonie, qui a été complètement éliminée lors du processus de traitement.

- ✓ Selon les résultats d'OUNOKI S et ACHOUR S (2014) : on peut constater que les valeurs des paramètres microbiologiques des eaux épurées par la STEP de la ville d'Ouargla restent inférieures aux normes de l'OMS. Selon ces normes, la qualité sanitaire de ces eaux serait alors acceptable dans le cas d'une réutilisation.

CONCLUSION

Conclusion

Le traitement des eaux usées est l'un des processus de transport les plus importants pour protéger l'environnement à l'échelle mondiale. Une partie de ce traitement de l'eau est utilisée dans plusieurs domaines tels que l'arrosage (irrigation), les installations industrielles et l'autre partie est traitée une autre boue pour alimenter les barrages, les rivières et les eaux souterraines pour s'assurer que rien n'est gaspillé parce que nous avons besoin de tant d'eau.

Les résultats des analyses physicochimique négative (prouche de valeur idéal) pour chaque mois de chaque saison en 2022 de l'eau brut/épurée :

Résultats de diverses analyses de l'effluent, effectuées sur une période de deux mois, comparativement à trois mois à différentes saisons de l'année précédente. Les valeurs trouvées sont proches de la norme algérienne pour la conductivité martienne de 5,4 ms/cm ; **MES** de mois Octobre 40.9mg/l ; **DCO** 89.1 mg/l en octobre ; **DBO₅** 41 mg/l en février ; **NH₄⁺** 40,6 mg/l en mars et phosphate total 9,92 mg/l en février et les paramètres **Température, Ph, Sal, O₂** , généralement, ses résultats sont très proches de la norme pour tous les mois. Et dans une étude bactériologique à l'ADE, la charge bactérienne après purification s'est avérée être *Streptococcus fécaux* et *Escherichia coli* (*E. Coli*).

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux consiste à la recherche et dénombrement des germes : les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, *les streptocoques fécaux* ainsi que les clostridium avec absence totale de *sulfito-réducteur* de l'eau épurée de la STEP. Les résultats obtenus ont révélé une charge microbiologique élevée dans tous les échantillons.

On conclure, la meilleur période pour avoir une bon épuration des eaux usée afin de réduire les polluants organiques est le mois Février et Octobre. Le pourcentage le plus élevé obtenu pour l'épuration des polluants organiques dans l'eau après traitement a été au mois de Juillet 92,47% par rapport les autres mois.

✓ **Recommandations et perspectives**

Afin de l'exploiter avec le moins de risques, il est souhaitable de prendre connaissance des recommandations suivantes :

- Un suivi régulier de la qualité des eaux épurées en faisant des analyses physico-chimiques et biologiques particulièrement en période de basses eaux.
- Pas de contact direct entre le fruit et l'eau.

Conclusion

- Les algicides chimiques sont très efficaces pour éliminer les algues. Ce sont le plus souvent des produits à base de cuivre. Un excès de cuivre bloque le transfert d'énergie à l'intérieur de la plante qui conduit à la mort des algues. Le produit est également un inhibiteur de la photosynthèse.
- Sensibiliser le personnel sur les changements apportés à la veille réglementaire.
- Mener des campagnes de sensibilisation du public.
- Utiliser des techniques de traitement différentes et plus précises comme les Algues ou le traitement UV.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUE

S

Références Bibliographiques

Références

1. **AISSAOUI A. (2013):** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage << Hammam Gouzi » de la région d'Oued Athmania (willaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister: Département de biologie végétale et animale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 133 p.
2. **AISSAOUI, H. (2013).** Effet des produits phytosanitaires et les engrais, sur l'abondance des métaux lourds (Cu, Zn) dans le sol et le végétal dans la région de Biskra. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra .
3. **ALGERIE PRESSE SERVICE. (2022)** Le volume des eaux usées épurées estimé à 500 millions m³/an. La date de consultation 04/05/2023
4. **ANDZI BARHE, T., & BOUAKA, F.(2013).** Caractérisation Physicochimique et Chloration des Eaux de Puits Consommées dans la Ville de Brazzaville-Congo (Physicochemical Characterization and Chlorination of Well Water Consumed in Brazzaville-Congo), Université des Sciences et Techniques de Masuku USTM), BP : 941, Franceville-Gabon, p605.
5. **ANONYME. (1995).** loi N°10-95 sur l'eau au Maroc. Belletín officiel du Maroc, n°4325, 20 septembre 1995.
6. **ASANO ,T. (1998).** Wastereclamation and reuse . Water quality management library, 1986, 1475p .
7. **ATTAB, S. (2011).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de magister en microbiologie appliquée, Université Kasdi Merbah Ouargla.
8. **AZIMI-SADJADI, M.R. & BANNOUR, S. (1991).** Two dimensional adaptive block Kalman filtering of SAR imagery. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 29, 5, pp. 742-753.
9. **BAUMONT S, CAMARD J P, LEFRANC A, FRANCONI A, (2004).** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
10. **BAUMONT S, CAMARD J. P, LEFRANC A et FRANCONI A.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France ; 2005.p. 15-62.
11. **BAUMONT S, CAMARD J.P. LEFRANC, A. et FRANCONI A. (2002).** Réutilisation des eaux usées épurées risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France, 176 p .
12. **BAUMONT, S, CAMARD, J. P., LEFRANC, A., FRANCONI, A., Observatoire régional de santé (Ile-de-France), & Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France (1976-2019).** (2014). *Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.* ORS Ile-de-France.
13. **BEAUPOIL, A., LE BORGNE, C., MUCIG, C., & ROUX, A. (2010).** Risques sanitaires liés à la réutilisation d'eaux usées traitées pour l'aéroaspersion des espaces verts'.
14. **BELAHMADI, M., & SEDDIK, O. (2011).** Étude de la biodégradation du 2, 4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn ziad. *Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en*

Références Bibliographiques

microbiologie appliquée et biotechnologies microbiennes. Université mentouri-Constantine. 83p.

15. BENHABIB ; R. MOUSSAOUI. (2015). La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture. Article Cahiers du MECAS (Les) (vol. 11). p. 82-97.

16. BINIAZ, P., SHIRAZI, N. A., ROOSTAIE, T., & RAHIMPOUR, M. R. (2021). Wastewater treatment: employing biomass. *Advances in Bioenergy and Microfluidic Applications*, 303-327.

17. BIRECHE, I., & GUESSOUME, A. (2013). Caractéristiques physico-chimiques et niveau trophique du lac Méggarine (Touggourt). Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université d'Ouargla.

18. BONToux J. Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Paris : Technique et Documentation Lavoisier ; 1993. p.166.

19. BOUAZZAMA, B., & XANTHOULIS, D. (2012). Effect of water stress on growth, water consumption and yield of silage maize under flood irrigation in a semi-arid climate of Tadla (Morocco). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(4).

20. BOUCHAALA LAID, L. (2017). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des écosystèmes aquatiques de Guerbes-Sanhadja (Skikda) et utilisation de l'espace par le Canard Siffleur Anas pénélope (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

21. BOUCHEMAL F. et ACHOUR S. (2015): Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra. *Larhyss journal*, N°22: pp. 197-212..

22. BOUCHESICHE C, CREMILLE E, PELTE T. ET POJER K. (2002). Guide technique n°7 pollution toxique et écotoxicologie: notion de base sdage. Ed. Agence de l'eau Rhône- méditerranée-corse, corse p82.

23. BOUDRAA, W., KHEMIS, M. D. E., BOUMAAZA, O., BOUSLAMA, Z., MERZOUG, S. E., & HOUHAMDI, M. (2011). Qualité bactériologique et physicochimique de l'eau des plages d'Annaba. 1^{er} Séminaire National sur la Santé et Bio-Surveillance des Ecosystèmes Aquatiques University of Souk Ahras - Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras.

24. BOUHANNA, A., DADDI BOUHOUN, M., & SAKER, M. L. (2015). Situation of the wastewater reuse in saharian agriculture: case of the Ouargla basin. *Algerian Journal of Arid Environnement*, 5(2), 39-49.

25. BOUMAAZA, M. (2020). Traitement et Epuration des eaux.

26. BOUROUACHE, M. (2015). Etude de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux usées de la station Mzar et impact de leur réutilisation en irrigation des espaces verts du grand Agadir. Mémoire de master en gestion conservation de la biodiversité, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Agadir.

27. BOUSELSAL, B., MEDJANI, F., FENAZI, B., & BELKSIER, M. S. (2012). Qualité des eaux usées et sa possibilité d'utilisée en agriculture de la station de kouinine el oued se Algérie. 3^{ème} Colloque International sur la Géologie du Sahara, 213-217.

28. BOUTERAA, S., DRID, I., KHE ZZANE, D., & LAMMARA, R. (2015).

Contribution à l'étude de la qualité Physico-chimique et bactériologique de l'eau des quelques zones humides d'Oued souf (cas : Soug Libya, STEP Kouinine, Chatt Halofa). Mémoire de fin d'étude en Biochimie, Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued.

Références Bibliographiques

29. **BOUZIDI, Y. (2020).** Réutilisation des Eaux Usées Epurées en Algérie.
30. **BROME V. (1986).** les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines (Mathian, 1986) .
31. **BRIDGMAN HOWARD A . (2001).** Encyclopedia of Global Change : Pollution . Ed. Andrew S. Goudie. Oxford University Press.
32. **CAMPOS C. (2008).** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Desalination*, 218, 34-42P
33. **CASTELLANOS, R. M., DIAS, J. M. R., BASSIN, I. D., DEZOTTI, M., & BASSIN, J. P. (2021).** Effect of sludge age on aerobic granular sludge: Addressing nutrient removal performance and biomass stability. *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 212-222.
34. **DAHOU, A., & BREK, A. (2013).** Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla). Mémoire de master académique en génie de l'environnement, Université kasdi Merbah Ouargla.
35. **DAHOU, A., & BREK, A. (2013).** Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla). Mémoire de master académique en génie de l'environnement, Université kasdi Merbah Ouargla.
36. **DEGREMANT, (2005),** Mémento technique de l'eau. Tomel. 9ème 6d.
37. **DJEDDI ép BOUATIA, H., & RAHMOUNE, C. (2007).** *Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
38. **DJEDDOU, M. (2014).** *Prévision du taux d'échec avec les réseaux neurones artificiels dans une station de traitement des eaux résiduaires* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
39. **ED VITZ, JOHN W. MOORE, JUSTIN SHORB, XAVIER PRAT-RESINA, TIM WENDORFF, & ADAM HAHN. (2023).** Modeling the formation of water. Liber Texts ,Date de consultation 29/04/2023.
40. **EDELIN, F. (1980).** L'épuration biologique des eaux usées résiduaires : théorie et technologie. cebedoc, Liège, 299p.
41. **ESSAHLAOUI ALI. (2011).** Méthodes géophysiques appliquées aux réservoirs d'eau souterraine Ed. Universitaire Européennes.
42. **F.A.O. (2003).** Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord.
43. **FABY J . A . (1997).** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation .Office International de l'Eau, 1997.76p .
44. **FIDEL, M. K. (2020).** *Conception d'une station expérimentale de traitement des eaux usées par filtres plantés des macrophytes:«Cas de l'Université Kimpa Vita d'Uige/Angla»* (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur).
45. **France nation vert (2022).** Mieux partager la ressource en eau : le Gouvernement permet de nouveaux usages des eaux usées traitées. La date de consultation 02/05/2023
46. **FRANCK, R. (2002).** Analyse de l'eau (Aspects réglementaires et techniques). Ed;Collection Biologie technique, 360 p

Références Bibliographiques

47. **GAIDA. (1984)** . " Epuraton biologique des eaux usées urbaines" Tome I, Ed, OPU Alger.
48. **GALKINA, E., & VASYUTINA, O. (2018, June)**. Reuse of treated wastewater. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 2, p. 022047). IOP Publishing.
49. **GENNACCARO A.L., MCLAUGHLIN M.R., QUINTERO-BETANCOURT W., HUFFMAN D.E. and ROSE J.B. (2003)**. Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. Application. Environnement. Microbiologie, 69P, 4983 4984. JORAD, 2012. Journal officiel de la république Algérienne N°41, spécification des caux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation
50. **GROSCLUDE. (1999)**. La terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés .
51. **GUITOUN, S., & ELHELLA, L. (2014)**. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Hassi Ben Abdallah (Ouargla). Mémoire de licence en pisciculture Saharienne, Université Kasdi Merbah Ouargla.
52. **HAGGUI, S., & NACEUR CHERIF, H. (2018)**. Contribution à l'étude des caractéristiques physico chimiques des eaux de STEP N° 1 de kouinine de la wilaya d'EL oued.
53. **HAMDI, W. (2011)**. Qualité hygiénique et caractéristiques physicochimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla. Mémoire de magister en biologie, Université Kasdi Merbah Ouargla.
54. **HAMID, C., ELWATIK, L., RAMCHOUN, Y., FATH-ALLAH, R., AYYACH, A., FATHALLAH, Z El Midaoui, A., & Hbaiz, E. (2014)**. Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia Maroc. *Afrique SCIENCE*, 10(2), 173 – 183.
55. **HANNACHI, A., GHARZOULI, R., & TABET, Y. D. (2014)**. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (19).
56. **HARRAT .N .ACHOUR.S. (2010)** : Pollution physico-chimique des eaux de barrage de la région D'El Tarf .Impact sur la chloration .
57. **HARTANI, T. (2004)**. La réutilisation des eaux usées en irrigation: cas de la Mitidja en Algérie. In *Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée* (pp. 11-p). IAV Hassan II.
58. **HAZOURLI, S., BOUDIBA, L., & ZIATI M. (2007)**. Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. *Larhyss Journal*, 06, 4555.
59. **HEBERT S. et LEGRE S., 2000**. Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, 5 p.
60. **Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) 2004**. HENERI Aussel., date de consultation 04/05/2023 <https://www.esst-inrs.fr/3rb/ressources/ed5026.pdf>
61. **J . I VINCENT M PIAGNECELLI. (2003)**. A manual for the practical study of the root nodule bacteria. IBP handbook n°15. Blackwell Sci. Publ . Oxford . 164p .
62. **JIMÉNEZ, B., & GARDUÑO, H. (2001)**. Social, political and scientific dilemmas for massive wastewater reuse in the world. *Navigating Rough Waters : Ethical Issues in the Water Industry*, American Water Works Association, Denver, CO.

Références Bibliographiques

63. **KAHOUL, M. & TOUHAMI, M.(2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Laboratoire des sols et développement durable, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP,12 ,Algérie, Larhyss Journal 19, p129-138.
64. **KAMEL NOUFEL, (2020),** Qualité de l'eau, de l'air et des surfaces, Cours, Faculté des Sciences, Université Mohamed Boudiaf M'SILA.
65. **KASSIM, C. (2005).** Etude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Bamako.
66. **KHEMICI, Y. (2014).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes. Mémoire de master professionnel en traitement des eaux, Université Kasdi Merbah Ouargla.
67. **KIMUNAM H MANN , I, & JESSBERGER , E. K . (2003).** Optical properties of cometary dust, ApJ, 582, 846 .
68. **KIR, O., & LEHELAH, A. F. (2013).** Caractérisation des eaux usées urbaines de la ville d'El Oued et élimination de leur pollution a l'aide de matériaux à base d'argile. Mémoire de master académique en génie de l'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla.
69. **KOLLER .E. (2004).** Traitement des pollutions industrielles : Eau , Air , Sols , Boues . Ed , Duno . 2004. 424p.
70. **KONE M., BONOU L., KOULIDIATI J., JOLY P., SODRE S. et BOUVET Y. 2012.** Traitement d'eaux usées urbaines par infiltration-percolation sur sable et sur substrat de coco après un bassin anaérobie de lagune sous climat tropical, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 25, n° 2, 2012, pp.139-151.
71. **KRISHNA,I .M., MANICKAM, V., SHAH, A., & DAVERGAVE, N. (2017).** *Environmental management: science and engineering for industry*. Butterworth-Heinemann.
72. **La Nouvelle République (LNR) 2023.** Réutilisation des eaux usées épurées la date de consultation 02/05/2023
73. **LABBACI HAYTEM , BOUMENKAR TAREK. (2019).** Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la Wilaya de SKIKDA.
74. **LADJEL F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre De formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p
75. **LAMADDALENA, R., & FRASCARI, D. (2020).** Développement et mise à l'échelle des technologies de traitement et de réutilisation des eaux usées dans les pays d'Afrique méditerranéenne: le projet MADFORWATER.
76. **LAZAROVA V .GAID A RODRIGUEZ-GONZALES J ; ALDAY ANSOLA J .** L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux . Technique, Sciences et Méthodes , 2003, 9: 64 85 .
77. **LAZHAR. (2011).** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique . Université FERHAT ABBAS-SETIF
78. **LEILA, M. (2014).** *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* (Doctoral dissertation, l'université mohamed khider-biskra).

Références Bibliographiques

79. LOUNNAS, A. (2009). *Melioration des procedes de Clarification des eaux De la station hamadi-kroma de skikda*. Mémoire de magister en chimie, Université du 20 Août 1955 Skikda.
80. MAOUDOMBAYE, T., NDOUTAMIA, G., SEID Ali M., & NGAkou, A. (2015). Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières consommées dans le bassin pétrolier de Doba au Tchad. *Larhyss Journal*, 24, 193-208.
81. MEROUANI et BOUGUEDAH, (2013). Aperçu sur l'état de l'environnement dans la région de Touggourt les principales pollutions et leurs impacts .Université Kasdi Merbah Ouargla .2003.
82. METAHRI. M.S.E. (2012). limination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.
83. MOUHANNI, H., HAMDI, H., BENDOU, A., BENZINE, L., & CAVALLI, E. (2012). Impact de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation: analyse ionique des lixiviats. *Revue des Sciences de l'Eau*, 25(1), 69-73.
84. Mr METAHRI MOHAMMED SAÏD, (2012). THESE de DOCTORAT, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la vie de Tizi-Ouzou.
85. NADJET, A. (2011). *Reutilisation des eaux usees epurees par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de biskra* (Doctoral dissertation).
86. NSIKAK BENSON. (2008). Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S.Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc .3 :813-817
87. O.R.S (Observatoire Régional De Santé d'Ile-De-France). (2004). Réutilisation des eaux usées épurées considérations sanitaires et intérêts pour l'Île-de-France.
88. ODOULAMI ,L. (2009). La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin) .Thèse de Doctorat en science ,UNV d'abomey ,Calavi , Congo.
89. Office International de l'Eau (O. I. Eau). Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau. 2005 la date de consultation 29/04/2023.
90. OMS (2012) Organisation Mondiale de la Santé. Guide OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux résiduelles 03/05/2023.
91. ONA .(2011). Office National de l'Assainissement, système de Management Environnemental ISO 14001 .
92. ONA. (2009). Office Nationale d'Assainissement d'Alger.
93. OUNOKI, S., & ACHOUR, S. (2014). Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. possibilité de leur valorisation en irrigation. *Larhyss Journal*, 20, 247-258.
94. PAL , S., & DEBANSHI S. (2023) . Exploring the effect of waste water pollution susceptibility towards wetland provisioning services . *Eco hydrology & Hydrobiology* , 23(1),162-176 .
95. PARANYCHIANAKIS, N. V., SALGOT, M., SNYDER, S. A., & ANGELAKIS, A. N. (2015). Water reuse in EU states: necessity for uniform criteria to mitigate human and

Références Bibliographiques

environmental risks. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(13), 1409-1468.

96. PARIENTE, M. I., SEGURA, Y., MOLINA, R., & MARTINEZ, F. (2020). Wastewater treatment as a process and a resource. *Wastewater Treat. Residues Resour. Biorefinery Prod. Biofuels*, 19-45.

97. PEDRERO, F., & ALARCÓN, J. J. (2009). Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees. *Desalination*, 246(1-3), 631-639.

98. PELMONT J. (2005). Biodégradations et métabolismes: les bactérie pour les technologie de l'environnement . Ed . EDP Science, 798p .

99. PERRY J.J, STALEY J.JLORY, S.(2004). Microbiologie : cours et questions de révision Ed . Dunod, Paris 891p.

100.PERRY, J.(1984). Microbiologie: cours et question de révision. éd. Dunod. Paris.

101.PIERRE . E et MARIE . J ,(2004). Bactériologie , Faculté de médecine . 122p

102.RASSAM A, CHAOUCH A, BOURKHISS B et BOURKHISS M., 2012.

Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental), Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 81 2012, p. 121 – 125.

103.RASSAM, A., CHAOUCH, A., BOURKHISS, B., & BOURKHISS, M. (2012). Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental). Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, vol 81, 121 - 125.

104.REJSEK. F. (2002). Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Edition Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine France.

105.RENARD, J. M., & TAMRABET, F. (2003). Informatique et Santé, 2003 (15): 101-109 Springer-Verlag France. *Présent et avenir des systèmes d'information et de communication hospitaliers*, 15, 101.

106.RODIER J., 2009. Analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 9ème édition. Ed. Dunod bordas, Paris. 1526.

107.RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 1996. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de 8eme mer édition. Ed Dunod, Paris. 1096p.

108.RODIER, J. (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8 éd. Denod, Paris, 1383p.

109.RODIER, J. (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Ed. DUNOD. Paris.

110.SAMAKE,H.(2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au l.n.s. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 ET 2001. thèse de Doctorat en Pharmacie , Université de Bamako, Bamako.

111.Sari, H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source "Attar"(Tlemcen).Thèse de master en sciences des aliments, Université abou-bekr belkaid Tlemcen.

112.SOUDE Marilyn Karen et al., 2018 BOUTAYEB M., BOUZIDI M. et FEKHAOU M., 2012. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n° 34 (2), p. 145-150.

Références Bibliographiques

113. STUM, W., & MORGAN, J. (1991). Aquatic chemistry. An introduction emphasizing.
114. TFYECHE, L. (2014). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement. *Mémoire MASTER PROFESSIONNEL*, 24-26.
115. TOZE S. (2006). Reuse of effluent water benefits and risks, *Agricultural Water Management* 80, 147-159 p.
116. TOZE, S., HODGERS, L., MATTHEWS. B. STRATTON, H.M. and SIDHU, J. (1999). Presence and Removal of Enteric Microorganisms in South East Queensland Wastewater Treatment Plants. Urban Water Security Research Alliance Technical Report (in publication).
117. UNEP/MAP/MEDPOL., 2004. Guide lines on environmental inspection systems for Mediterranean region. MAP technical reports series N° 149.
118. VAILLANT J . R. (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles . Ed . Eyrolles . Paris
119. VILAGINES. (2010) : Eaux, environnement et santé publique Technique et documentation, Lavoisier, France, 173p.
120. WUBDA, M ., & BOUKARI, M. ,& DESCLOITRES ,M. (2017) . Contribution de la méthode de suivi temporel de résistivité à l'étude des processus d'infiltration en zone de socle sahéenne et soudanienne d'Afrique de l'ouest. Thèse de doctorat en Géophysique appliquée, Université d'Abomey-Calavi en hydrologie et gestion Intégrée des Ressources en Eau (UAC), BENIN.
121. ZOBEIDI, A . (2017). Epuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride – cas de la région d'El-oued. paramètres influents et choix des conditions optimales. Thèse de doctorat en sciences , université kasdi merbah, Ouargla ,Algérie.

❖ Sites internet

122. <https://www.oieau.fr/eaudoc/notice/Information-eaux-n%C2%B0-561-Mars-2005>.
123. https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Exemplars_and_Case_Studies/Exemplars/Biology/Modeling_the_Formation_of_Water.
124. <https://www.lnr-dz.com/2022/03/13/reutilisation-des-eaux-usees-epurees/>
125. <https://www.ecologie.gouv.fr/mieux-partager-ressource-en-eau-gouvernement-permet-nouveaux-usages-des-eaux-usees-traitees>
126. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/78280>
127. www.suezwaterhandbook.fr

ANNEXE

Annexes 01

1. Matériels utilisés



pH Mètre



Thermo-réacteu



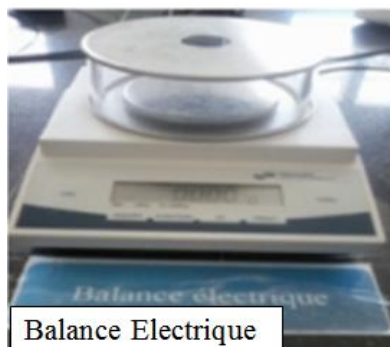
Spectrophotomètre



Oxy-mètre



étuve universel (105c°)



Balance Electrique



Ensemble filtration

2. Réactive



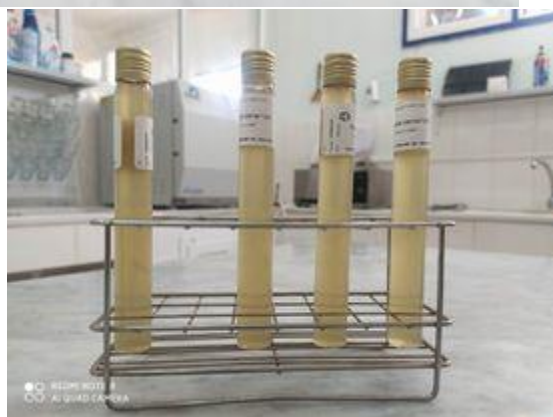
Annexes 02

3. Normes physico-chimiques

Tableau 06 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie.

Paramètres	Normes
T°	30C°
Ph	8.5-5.5
O2 dissous	5mg/l
Conductivité	/
Salinité	/
DCO	125mg/l
DBO5	40mg/l
MES	40mg/l
NO3-	10mg/l
NO2-	10mg/l
Pt	10mg/l
P-PO4-3	2mg/l
N-NH4	40mg/l
Nt	50mg/l

4. Recherche Bactériologique



(Photos origine 2023)

Tableau 07 : Normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées (DAHOU & BREK, 2013; KHE MICI, 2014).

Caractéristiques	utilisées (OMS) Normes
pH	6.5_8.5
DBO₅	<30mg/l
DCO	<90mg/l
MES	<20mg/l
NH₄	<0.5mg/l
NO₂	1mg/l
NO₃	<1mg/l
Température T	<30°C
Salinité	-
dissous (O₂)	5mg/
NT	10-15

Tableau 08 : Normes Algériennes des rejets les eaux usées (KHEMICI, 2014)

Caractéristiques	utilisées Normes
PH	6.5<pH<8.5
Conductivité électrique	-
Température	30°C
MES	30mg/l
Phosphore	2mg/l
DBO₅	40mg/l
DCO	120mg/l

Tableau 09 : MAC-GRADY (FRANCK, 2002).

Nombre de tubes positifs			NPP par 100 ml
3 de 10 ml	3 de 1 ml	de 0,1 ml ³	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	2	0	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	48
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Tableau 10 : Volume d'échantillon en fonction de la gamme de la DBO5

Gamme de la DBO5 (mg O2/L)	Volume de l'échantillon (mL)	Dosage (ATH)
0 – 4	428	Gouttes 10
0 – 80	360	10gouttes
0 – 200	244	5gouttes
0 – 400	157	5gouttes
0 – 800	94	3gouttes
0 – 2000	56	3gouttes
0 – 4000	21.7	1goutte

Mode opératoire du phosphate PO₄⁻ (pour les fortes concentrations)

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif
- Ouvrez le couvercle du tube de réactif
- Ajouter 0.4ml de l'échantillon
- Tournez le couvercle et fermer le tube de réactif
- Bien mélanger le tube de réactif
- Laisser reposer pendant 15 min, puis le mettre dans le thermo-réacteur à 100°C pendant 1 heure
- En sortez le tube à essai de la machine, puis le laisser refroidir
- Bien mélanger le tube de réactif;
- En ajoute 0.5 ml de solution B dans le tube de réactif
- Ajoute 1 capsule C dans le tube de réactif
- Bien mélanger le tube de réactive;
- Laisser reposer pendant 10 minutes;
- En mettez tube à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

Mode opératoire du phosphate total PT (pour les fortes concentrations)

- Ouvrez le couvercle du tube de réactif
- Ajouter 0.4ml de l'échantillon
- En ajoute 0.5 ml de solution B dans le tube de réactif
- Ajoute 1 capsule C dans le tube de réactif
- Bien mélanger le tube de réactif
- Laisser reposer pendant 10 minutes
- En mettez tube à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.