

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Présenté par :

MOSBAH Afaf

MEGAMEZ Siham

Thème

**Etude comparative du fonctionnement des stations
d'épuration des eaux par lagunage d'Ouargla et Ghardaïa :
rendement et fiabilité**

Soutenu publiquement, le .../06/2023,

devant le jury composé de :

Mr. AOUADI Abd El Hafid	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. KHELLAF Khoudir	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Mr. MIHOUB Redouane	MCA	Univ. Teliidji Amar	Co.Encadreur
Mr. BEN SEMAOUNE Youcef	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, Dieu le Miséricordieux, l'Unique, le Puissant pour sa guidance et sa protection afin de pouvoir accomplir ce modeste travail,

En premier lieu, nous voudrions remercier, nos directeurs de mémoire Mr. KHELLAF Khoudir, Maître de Conférences B à l'université de Ghardaïa et Mr. MIHOUB Redouane, Maître de Conférences A à l'université Teliidji Amar -Laghouat pour sa patience, d'avoir proposé ce thème et d'accepter de nous encadrer aussi pour ses aides, ses orientations, ses conseils pertinentes, ses critiques constructives sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Nous tenons à remercier vivement les membres du Jury qu'ils ont accepté d'évaluer/examiner notre travail

(AOUADI ABDELHafid, Maître de Conférences B à l'université de Ghardaïa et BEN SEMAOUNE Youcef, Maître-Assistant A à l'université de Ghardaïa)

Mention spéciale à directeur de la station d'épuration d'Ouargla et Ghardaïa pour son magnifique accueil, sa disponibilité, ses aides et ses explications et ses conseils scientifiques pendant la visite de la station.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Ghardaïa et les intervenants professionnels responsables de ma formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Enfin, un grand merci, à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous



Dédicaces

À mes chers parents et maman pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses et leur soutien tout au long de mes études

Un merci spécial à ma chère sœur Chahra Zed et son mari, mon frère Kacem et sa femme, à tous ma famille, MOSBAH et HIRI pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

La chère amie Siham qui a partagé avec moi le goût de l'obtention du diplôme et du succès,

A tous mes amies qui m'ont toujours encouragé surtout mes copines : Nacira, Ikram, que je leurs souhaite beaucoup de succès.

Enfin, je dédie ma réussite à tous ceux qui m'aiment, en particulier mes neveux, BEN ZITA Razane et Farid, et je leur souhaite du succès dans leur carrière scolaire.

AFAF



اهداء

"يرفع الله الدين آمنوا منكم والدين أوتوا من العلم درجات"
أهدي نجاحي وتخرجي إلى قدوتي الأولى... إلى شجرتي التي لا
تدبل... إلى الظل الذي أوي إليه في كل حين وإلى سندي
امي الغالية
إلى من رفعت وأرفع به رأسي عاليا وافتخارا به... الذي لم يكن يوما رجلا
عاديا والذي الحنون
إلى شقائق الروح والكتف الثابت إلى اخواتي خيرة , شيرين , هيبه
ورتاج وإلى صغير العائلة وسكرها ابن اختي ضياء الدين
إلى صديقتي عفاف التي شاركتني في هذا النجاح وإلى كل صديقاتي التي
لم تنجبهم امي ولكن يجمعنا قلب وعقل واحد إلى أعز بنات صادقتهم في
حياتي وشاركوني ضحكتي ودمعتي
واخيرا أهدي هذا النجاح إلى كل الأستاذة طول مسيرتي الدراسية وكل
من يحبونني

سهام

ملخص

يتم رمي المياه المعالجة في محطتي المعالجة، كاف دخان (غرداية) و سعيد عتبة (ورقلة) في الهواء الطلق . والتي بدورها تشكل مصدراً رئيسياً للتلوث البيئي . و عليه هل تتمكن المعالجة من حماية المياه في هذه المناطق؟ ولهذا الغرض أجرينا دراستنا هذه من اجل مقارنة بين المحطتين لمعرفة أداء كل واحدة منهما و موثوقيتها. و للوصول الى هدفنا هذا، قمنا في بادئ الامر بوصف المحطتين و طريقة عملهما و سلطنا الضوء على الجانب التقني لعمليات المعالجة بهما و بعدها قمنا بالتحليل الفيزيوكيميائي لبيانات المياه عند المدخل (المياه الخام) و عند مخرج (المياه المعالجة) لكل محطة و خاصة الأس الهيدروجيني (pH)، المواد الصلبة العالقة (MES)، الطلب البيولوجي على الأوكسجين (BOD_5)، الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO)، درجة الحرارة (T°)، النترات ($N-NO_3$)، النتريت ($N-NO_2$)، و الأوكسجين المذاب (O_2)،... إلخ. أسفرت نتائج هذه التحاليل المياه عن درجة حموضة معتدلة إلى أساسية، و متوسط محتوى للمواد الصلبة العالقة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي لكاف الدخان و أعلى من معيار في محطة سعيد عتبة . كما ان مستويات الطلب البيولوجي على الأوكسجين و الطلب الكيميائي للأوكسجين كبيرة، و درجة حرارة متوسطة، و انخفاض في النترات و النتريت، و متوسط محتوى الأوكسجين المذاب. و خلصت الدراسة الى ان التنقية و التدهور منخفضين إلى متوسطين و يتطلبان اهتماماً خاصاً على مستوى أحواض تحلل المادة العضوية و تجديد الطبقات البكتيرية من أجل تنظيم جميع المشكلات المتعلقة بإمداد الأوكسجين و ضمان الموثوقية و الأداء المرضي للغاية لكل محطة معالجة.

الكلمات الدالة : غرداية، ورقلة، التحليل الفيزيوكيميائي، المياه المعالجة، كاف دخان، سعيد عتبة .

Résumé

Les eaux usées traitées de la station d'épuration, de Kaf Dokhan (Ghardaïa) et de Saïd Otba (Ouargla), sont rejetées à l'aire libre et sont constituées une source importante de la pollution de l'environnement et par conséquent les eaux superficielles et souterraines dans ces régions. Le traitement consiste t il à la protection de ce périmètre et ces sources? Pour cela nous avons effectué cette étude comparative afin de mettre en évidence les arguments liés aux ffonctionnementss de ces stations et avoir une idée sur leur rendement et leur fiabilité.

Nous avons entreprit en premier lieu à une description théologique du fonctionnement et mettre en évidence l'aspect technique des procédés de traitement. Les données d'analyses physico-chimiques des eaux a l'entrée (eau brute) et à la sortie (eau traité) de chaque station : le pH, la conductivité électrique (CE), la matière en suspension (MES), la demande biologique en Oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), la température (T°), les nitrates (N- NO_3), les nitrites (N- NO_2), l'oxygène dissous (O_2),...etc. nous ont permis de constaté en quelque sorte l'aspect qualitatif et quantitatif de chaque station d'épuration. Les résultats de ces analyses ont montré un pH neutre à basique, une teneur moyenne des MES pour la STEP de Kaf Dokhan et supérieur à la norme pour la STEP de Saïd Otba, des teneurs jugés importantes des DBO_5 et DCO, une T° moyenne, une faible teneur en N- NO_2 et en NO_3 , une teneur moyenne en O_2 dessous. L'épuration et la dégradation sont faible a moyenne et nécessite une attention particulière au niveau des bassins de dégradation de la matière organique et à la régénération des lits bactériens afin de régulariser toutes les problématiques liées à l approvisionnement en oxygène et assurer à la fois une fiabilité et un rendement très satisfaisant pour chaque station d'épuration.

Mots-clés: eaux usées, épuration, paramètres physic-chimiques, rendement et fiabilité, Ghardaia, Ouargla.

Abstract

Treated wastewater from the wastewater treatment plant, Kaf Dokhan (Ghardaïa) and Saïd Otba (Ouargla), are discharged in the open area and they are constituted an important environmental pollution source and surface and groundwater in these areas. Is the treatment can protect that perimeter and those water sources?. For this, we have carried out this comparative study in order to highlight the arguments related to the failures of these stations and to have an idea about their performance and reliability.

We undertook in the first place to theological description of functioning and highlight the technical aspect of the treatment processes. The physico-chemical analysis data for the inlet (raw water) and outlet (treated water) of each station: pH, electrical conductivity (EC), suspended matter (ESM), biological oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), temperature (T°), nitrates (N-NO₃), nitrites (N-NO₂), et dissolved oxygen (O₂),...etc. The results of these analyses showed a neutral to basic pH, an average ESM content for Kaf Dokhan's WTP and above the standard for Saïd Otba's WTP, levels considered important for BOD₅ and COD, an average T° and a low content of N-NO₂ and NO₃, average O₂ content below. Purification and degradation are low to medium and require special attention at the pools level of organic matter degradation and the bacterial beds regeneration in order to regulate all the problems related to the oxygen supply and ensure both high reliability and high efficiency for each treatment plant.

Keywords: wastewater, treatment, physic-chemical parameters, yield and reliability, Ghardaïa, Ouargla.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
ANRH	Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques
CE	Conductivité Electrique
DCO	Demande Chimique En Oxygène
DBO5	Demande Biochimique En Oxygène Pendant Cinq Jours
JODP	Journal Officiel De La République Et Population
MES	Matières En Suspensions
ONM	Office National Météorologique
ONA	Office National De L'assainissement
STEP	Station D'épuration
SAL	Salinité
pH	Potentiel D'hydrogène
PT	Phosphore Totale
FAO	Food And Agricultural
NO ³⁻	Nitrate
NO ²⁻	Nitrite
Mg/l	Milligramme Par Litre
T	Température

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.....	11
Figure 2: Photo de bassins de lagunage aéré.....	11
Figure 3: Etapes de Traitement des eaux usées. 1 : Dégrillage, 2 : Dessablage, 3 : Dégraissage-déshuilage.....	12
Figure 4: Principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée.....	15
Figure 5: Principe de fonctionnement d'une station d'épuration à lit bactérien.....	15
Figure 6 : Station d'épuration comportant un disque biologique.....	16
Figure 7 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	17
Figure 8: Situation géographique de la SLEEP	21
Figure 9: Vue aérienne de la STEP d'El-Atteuf –Ghardaïa-	22
Figure 10: Etapes de Traitement des eaux usées. 1 : Dégrillage, 2 : Dessablage, 3 : Dégraissage-déshuilage	23
Figure 11: Lagunes primaires et secondaires	24
Figure 12: Lits de séchage des boues et le rejet final de la STEP vers oued Noumer.....	25
Figure 13: Position géographique de la wilaya de Ouargla.....	26
Figure 14: Situation de la station d'épuration de Saïd Otba -Ouargla.....	31
Figure 15: Schéma de la STEP de Saïd Otba –Ouargla-.....	31
Figure 16: Phases de prétraitement dans la STEP de Saïd Otba	34
Figure 17: Traitement secondaire des eaux usées dans la STEP Saïd Otba –Ouargla.....	34
Figure 18: Lits de séchages des boues récupérées de bassins (1) et Itinéraire d'acheminement des eaux épurées par canal de transfert (2).....	36
Figure 19 : Variation pH des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba.....	41
Figure 20 : Variation de la MES des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	42
Figure 21 : Variation de la DBO5 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	43
Figure 22 : Variation de la DCO des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	44
Figure 23: Variation de la température (T°) des eaux brutes et épurée de la STEP de Kef Dokhan et	45

de Saïd-Otba	
Figure 24 : Variation de la N-NH ₄ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	46
Figure 25: Variation de la N-NO ₂ des eaux brutes et épurée de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd Otba.....	46
Figure 26 : Variation de la N-NO ₃ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	47
Figure 27 : Variation de la PO ₄ ³⁻ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhane et de Saïd-Otba.....	48
Figure 28 : Variation de la PT des eaux brutes et épurée de la STEP de Kef.. Dokhan et de Saïd-Otba	49
Figure 29 : Variation de l'O ₂ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd Otba.....	50
Figure 30 : Variation de la salinité (Sal) des eaux brutes et épurées de la STEP de Kef Dokhan et de Saïd-Otba	51
Figure 31: Taux d'abattement de la STEP Kef Doukhan.....	54
Figure 32 : Taux d'abattement de la STEP de Saïd Otba.....	54

LISTE DES TABLEAUX

TITRE	PAGE
Tableau 1: La population totale de la wilaya de Ghardaïa	18
Tableau 2 : Données climatiques de la wilaya de Ghardaïa de l'année 2009 à 2020.....	18
Tableau 3: Performance de la STEP de Kef Doukhan.....	25
Tableau 4 : Données météorologique de la ville d'Ouargla	27
Tableau 5 : Colonne lithostratigraphique de la région de Ouargla	30
Tableau 6 : Caractéristiques techniques de la STEP de Saïd-Otba.....	32
Tableau 7 : Résultats d'analyses des eaux brutes et des eaux épurées de la station d'épuration de Saïd Otba –Ouargla-	39
Tableau 8 : Résultats d'analyses des eaux brutes et des eaux épurées de la station..	40
Tableau 9 : Résultats des rendements de la station de Kef Doukhan et Saïd Otba	53

REMERCIEMENTS

ملخص

RESUME

ABSTRACT

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURE

LISTE DES TABLEAUX

TITRE	PAGE
INTRODUCTION	i
Chapitre I: Matériel et Méthodes	
1.GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USÉES ET LEURS PROCÉDE D'ÉPURATION.....	
1.1. Définition sur les eaux usées.....	4
1.2. Les différents types d'eaux usées.....	4
1.2.1. Eaux usées domestiques.....	4
1.2.2. Eaux usées industrielles.....	4
1.2.3. Eaux de pluie et de ruissellement.....	4
1.2.4. Eaux usées agricoles.....	5
1.2.5. Eaux usées urbaines.....	5
1.3. Type des réseaux.....	5
1.3.1. Système unitaire.....	5
1.4. Caractérisation des eaux usées.....	5
1.4.1. Paramètres physiques.....	5
1.4.2. Paramètres chimiques.....	6
1.4.3. Paramètres biologiques.....	7
1.5. Pollution.....	8
1.5.1. Pollution physique.....	8
1.5.2. Pollution thermique.....	9
1.5.3. Pollution biologique.....	9
1.5.4. Pollution chimique.....	9
1.5.5. Pollution minérale.....	9
1.5.6. Pollution organique.....	9
1.5.7. Pollution agricole.....	9
1.6. Les différents procédés d'épuration des eaux usées.....	10
1.6.1. Définition de l'épuration.....	10
1.7. Etapes de Traitement des eaux usées.....	11
1.7.1. Traitement physiques (Le prétraitement).....	11
1.7.2. Traitement primaire (physico-chimique).....	13

1.7.3. Traitements secondaires (biologique).....	13
1.7.4. Traitements tertiaires.....	16
2. Présentation STEP Kaf Dokhan GHARDAÏA.....	17
2.1. Situation géographique.....	17
2.2. Démographie.....	17
2. 3. Paramètres Climatologique.....	18
2.3.1.Température.....	19
2.3.2. Précipitations.....	19
2.3.3. Humidité Relative.....	19
2.4. Caractéristiques hydrologiques.....	19
2.4.1. Nappe phréatique.....	20
2.4.2. Nappe du Continental Intercalaire.....	20
2.5. Les différentes étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration de Ghardaïa (El Atteuf /Kaf Dokhan)	22
3. Présentation STEP Saïd-Otba OUARGLA.....	26
3.1. Situation géographique.....	26
3.2. Données climatiques de la région d'Ouargla.....	27
3.2.1. Températures.....	27
3.2.2. Précipitations.....	28
3.2.3. Evaporation.....	28
3.2.4. Vents.....	28
3.2.5. Humidité relative.....	28
3.2.6. Insolation.....	28
3.3. Géologie de la région	29
3.4. Hydrogéologie de la région.....	29
3.5. Aspect morphologique de Ouargla.....	30
3.6. Les différentes étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration d'Ouargla (Saïd-Otba).....	33
Chapitre II : Résultats et Discussions	
1. BILAN ET RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX EPUREES DE LA STEP D'OUARGLA ET GHARDAÏA (RENDEMENT ET FIABILITE).....	38
1.1.Variation De Ph Des Eaux Brutes Et Epures Pour Les Deux STEP.....	41
1.2. Variation De La Matière En Suspension (MES) Des Eaux Brutes Et Epurées Pour Les Deux STEP.....	42
1.3. Variation De La Demande Biologique En Oxygène (DBO5) Des Eaux Brutes Et Epurées Pour Les Deux STEP....	43
1.4. Variation De La Demande Chimique En Oxygène(DCO) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP..	44
1.5. Variation De La Température (T°) Des Eaux Brutes Et Épurée Pour Les Deux STEP.....	44
1.6. Variation De L'Ammonium (N-NH4) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP.....	45
1.7. Variation Des Nitrites (N-NO2) Des Eaux Brutes Et Epurée Pour Les Deux STEP.....	46
1.8. Variation Des Nitrates (N-NO3) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP.....	47
1.9. Variation Des Phosphates (PO43-) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP.....	48
1.10. Variation Du Phosphore Total (PT) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP.....	49
1.11. Variation De L'oxygène Dissous (O2) Des Eaux Brutes Et Épurées Pour Les Deux STEP.....	49
1.12. Variation de la salinité (Sal) des eaux brutes et épurées pour les deux STEP.....	50
2. EVALUATION DU RENDEMENT DES DEUX STATIONS D'EPURATIONS (STEP KAF DOKHAN ET STEP DE SAÏD OTBA).....	51

2.1. Grille d'évaluation du rendement.....	51
2.2. Comparaison des rendements mesurés entre les deux stations.....	51
CONCLUSION.....	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	59

Introduction

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée (Devaux, 1999). Elle est une ressource vital , sa survie, sa santé, son alimentation; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques, et la qualité de son environnement en dépend étroitement (Metahri, 2012).

En Algérie la mare est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée (Khacheba R. Hartani T., 2017).

En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées. Les eaux usées constituent un effluent pollué, qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel(Benhdid. et Harrouz., 2011).

La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle (Metahri M. S., 2012)

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente (Faby J.A. et Brissaud F., 1997)

Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre. Les procédés conventionnelles d'assainissement sont efficaces mais soulèvent un certain nombre de contraintes : elles ne sont pas écologiques (production de boues) et nécessitent

de lourds investissements, il convient donc de trouver des méthodes capables de traiter efficacement les eaux (Zeghoud M)

Le système de traitement des eaux par lagunage est une alternative adéquate. Elle fonctionne comme assimilateurs biologiques en retirant des composés tant biodégradables que non biodégradables, ainsi que les micro-organismes pathogènes. (Bakkiri Z., 2007)

L'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi-arides. Le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique. Il s'agit d'une station qui répond particulièrement bien à des critères technico-économiques, et constitue donc le procédé le mieux adapté dans cette région où l'espace ne manque pas et l'ensoleillement est favorable (Bouhanna A., 2013)

Ce travail vise à l'étude de la performance de l'épuration des eaux usées par lagunage naturel de la station de Ghardaïa et celle de Ouargla par étude comparative à partir de l'examen des résultats des analyses des eaux usées, en répondant à la question suivante : Ce procédé d'épuration est-il efficace et performant ? Ce travail s'articulera autour de deux grands axes :

Nous avons abordé dans le premier axe une description générale de la région d'Ouargla et Ghardaïa avec quelques généralités sur les différents types des eaux usées. On a configuré le fonctionnement par lagunes naturel de la station

Le deuxième axe été l'objet d'analyses physico chimiques afin de valoriser le rendement de la station ; on a mis en évidence des discussions de résultats obtenus et finalement une conclusion générale qui récapitule notre travail.

Chapitre I

Matériel et Méthodes

1. Généralités sur les eaux usées et leurs procédés d'épuration

1.1. Définition sur les eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Metahri, 2012).

1.2. Les différents types d'eaux usées

On distingue quatre catégories d'eaux usées :

1.2.1. Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,... etc. et en eaux 'vannes' sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Gaid, 1984).

1.2.2. Eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme. Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications (Zeghoud, 2014).

1.2.3. Eaux de pluie et de ruissellement

sont pris en compte dans le cas où le système de collecte des eaux usées est unitaire, ceci lors du traitement en station d'épuration. Elles sont susceptibles d'entraîner les polluants atmosphériques et de contaminer par infiltration et ruissellement les eaux superficielles et souterraines. Les principaux polluants en cause sont le SO₂, le NO et ses dérivés, les poussières (Yao, 2006).

1.2.4. Eaux usées agricoles

Ceux 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 (Catherine et *al.*, 2013).

1.2.5. Eaux usées urbaines

sont formées par un mélange d'eaux usées domestiques et d'eaux usées industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations à caractère collectif (hôpitaux, commerces, casernes, etc.) (Hammadi, 2017).

1.3. Type des réseaux

1.3.1. Système unitaire

Les plus anciens, qui recueillent dans le même collecteur l'ensemble des eaux domestique et des eaux pluviales et dans certains cas des eaux industrielles (Schriver-Mazzouli, 2012).

1.3.2. Réseaux séparatifs

Plus récents, qui comprennent deux émissaires distincts, l'un pour les eaux usées domestiques et industrielles, l'autre pour les eaux pluviales (Schriver-Mazzouli, 2012)

1.4. Caractérisation des eaux usées

1.4.1. Paramètres physiques

- **Potentiel d'Hydrogène (pH)** : Ce paramètre donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux et il est important pour la croissance des micro-organismes (Radier, 2005).
- **Température** : Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique (Rodier, 2005).
- **Turbidité** : C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en

suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes (Abibsi, 2011).

- **Odeur** :est l'indice de fermentation microbienne et signe de pollution (Rodier 2009).
- **Couleur** : La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). Elle est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible (Labadi et Moukar, 2010).
- **Matières en suspension (MES)** :Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques(MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante (Metahri, 2012)

$$MES = MMS (30 \%) + MVS (70 \%)$$

- **Les matières minérales (MMS)** : Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son «extrait sec» constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.
- **Conductivité électrique (CE)** : Elle fournit une indication précise sur la salinité de l'eau. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau sa mesure est utile car au –delà de la valeur limitée de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la prolifération de micro-organismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (Hammadi, 2017).

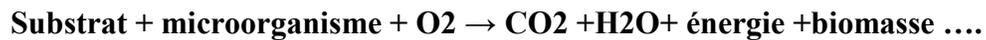
1.4.2.Paramètres chimiques

Les eaux usées contiennent différents produits chimiques sous diverses formes comme indique ci-dessous.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)** : la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$ (Metahri, 2012).

- **Demande biochimique en oxygène (DBO5) :** Elle représente la quantité d'oxygène par les phénomènes d'oxydation chimique, d'autre part par la dégradation des matières organiques par voie aérobie. La DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et, donc dans une certaine mesure sa qualité ou son degré de pollution.

Pratiquement, nous mesurons la consommation d'oxygène dissous (O₂) des microorganismes pendant cinq (05) jours. Elle se résume à la réaction chimique suivante :



- **Azote :** Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.
- **Nitrates :** représentent la forme la plus stable des deux formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, ils peuvent être réduits en nitrite, qui est la forme la plus toxique. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles (Rejsek, 2002).
- **Nitrites :** sont considérés comme des polluants très nuisibles à la santé de l'homme et aux animaux. Un taux important survient en générale lorsque l'eau est surchargée en matière organique et que les bactéries ne sont pas suffisantes pour les transformer en nitrates (Rejsek, 2002).
- **Phosphore :** font partie des anions facilement fixés par le sol. Il joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les bassins des stations d'épurations, la grosse canalisation et les eaux des lacs, ou il contribue à l'eutrophisation (Hammadi, 2017).

1.4.3. Paramètres biologiques

Les micro-organismes se trouvant dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille :

- **Virus :** sont des agents pathogènes extrêmement petits, visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Système sub-biologique pour les uns, organismes vivants pour d'autres, les virus ne sont en tout

cas pas des cellules, mais seulement des messages génétiques, un virus isolé est incapable de métabolisme ou de multiplication, il ne peut que se répliquer aux dépens d'une cellule vivant infectée (Degremont, 1978).

- **Bactéries Unicellulaires :** ces micro-organismes possèdent la structure interne la plus simple de toutes les espèces vivantes. Elles croissent et se multiplient en général par fission binaire. Ces cellules représentent la plus importante population de la communauté microbienne dans tous les procédés biologiques, avec souvent des concentrations qui dépassent 10^6 bactéries/ml (Zahir, 2007).
- **Protozoaires :** Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires (Faby et Brissard, 1997).
- **Helminthes :** sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Ce sont, pour la plupart, des vers intestinaux, souvent rejetés avec les matières fécales sous forme d'œufs très résistants. La contamination se fait par ingestion ou par voie transcutanée (par fixation puis pénétration des larves à travers la peau (Jora, 2010).

1.5. Pollution

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons (Ladjal, 2006). On distingue différents types de pollution :

1.5.1. Pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets, en suspension, capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défibrage de bois, de tanneries (Benziane, 2016).

1.5.2. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...); ont une température de l'ordre de 70 à 80 °C. Elle diminue jusqu'à 40 à 45 °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène (Mizi, 2006).

1.5.3. Pollution biologique

se manifeste lors de l'existence de certains types de microorganismes capables de se proliférer dans l'eau (Dubakeur, 1990).

1.5.4. Pollution chimique

Les produits chimiques qui polluent l'eau sont issus des engrais et des produits phytosanitaires qu'on utilise, comme les insecticides ou pesticides (Rahmani, 2015).

1.5.5. Pollution minérale

peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (Bouchenak et Racha, 2015).

1.5.6. Pollution organique

cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organiques banales "protides, glucides, lipides", Les détergents, les huiles et goudron (AERM, 2007).

1.5.7. Pollution agricole

Déchets liquides et solides provenant de l'agriculture, notamment ruissellement et lessivage de pesticides et d'engrais, érosion et poussières dues au labourage, engrais organiques, carcasses, résidus de culture et débris (Franceys et *al.*, 1995).

1.5.8. Pollution microbiologique

Se manifeste lors de l'existence de certains types de micro-organisme capables de se proliférer dans l'eau. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont les bactéries, les virus ; les parasites et les champignons (Rahmani, 2015).

1.6. Les différents procédés d'épuration des eaux usées

1.6.1. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration consiste le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution par la dépollution et non de produire de l'eau potable (Saggai, 2004). On distingue différents types de traitement par lagunage

- **Lagunage naturel** : Le traitement par lagunage naturel est constitué d'une série de bassins artificiels (5 bassins), généralement trois bassins. Le temps de séjour est généralement 03 semaines (Baritse, 1989) (Figure 1).
- **Lagunage à macrophyte** : Il est constitué de plantes telles que les roseaux et les massettes. Les bassins sont généralement de plus faible surface et moins profond 0,6 à 0,8m ou la charge polluante est plus faible. L'effet épuratoire est dû principalement à la faculté de ces plantes d'extraire les éléments nutritifs de la colonne d'eau (Bouhanna, 2013).
- **Lagunage à microphytes** : Le principe consiste à faire passer les eaux usées à travers des lagunes non plantées, qui sont réservées au développement du plancton. Le métabolisme algal s'accompagne d'une forte production d'oxygène qui est utilisé par les bactéries aérobies pour la minéralisation des composés organiques. Les algues utilisent le gaz carbonique libérés pour la photosynthèse (Bachi, 2010).
- **Lagunage aéré** : Composé de plusieurs bassins, dont les premiers sont équipés d'un dispositif d'aération artificiel. L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. L'adaptabilité de cette filière aux conditions climatiques doit être étudiée plus en détail (Figure 8). Le temps de séjour dans les bassins varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus (Aerm, 2007).

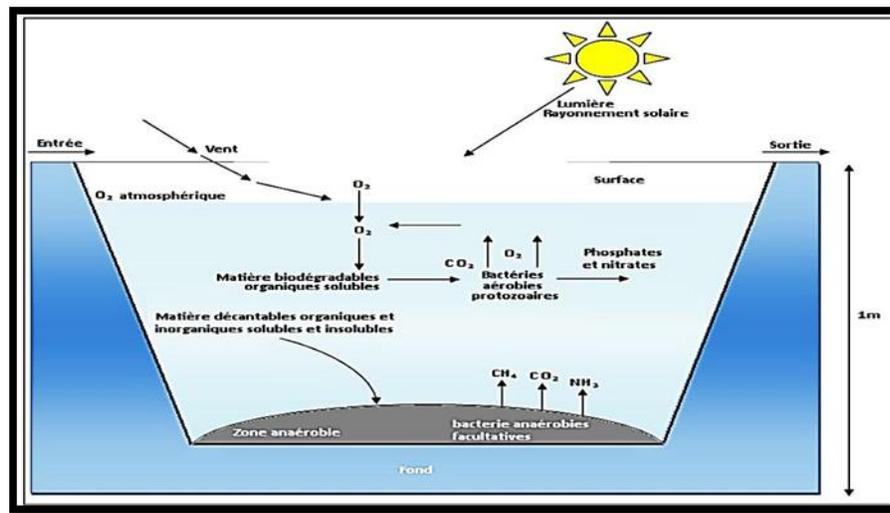


Figure 1 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (Hakima El Haité, 2010)



Figure 2 : Photo de bassins de lagunage aéré (Hakima El Haité, 2010)

1.7. Etapes de Traitement des eaux usées

1.7.1. Traitement physiques (Le prétraitement)

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un «prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient

une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage (Gaid, 1993).

- **Dégrillage** : pour protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages au niveau de différentes unités de l'installation (Figure 3) et d'éliminer les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs (Mimeche, 2014)
- **Dessablage** : est pour éviter le colmatage des conduits ainsi que le risque d'abrasion des organes mécaniques (Figure 3). Le principe du système consiste à faire traverser les effluents dans des bassins où leur vitesse d'écoulement est réduite à moins de 0.3m/s. Les particules subissent la loi de stocks et sédimentent au fond du bassin. Un racleur permet le curage du fond du bassin et l'évacuation vers le collecteur des boues (Mamodou, 2010).
- **Dégraissage-déshuilage** : est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses) (Figure 3). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite (Belbachir et Habbedin, 2017).

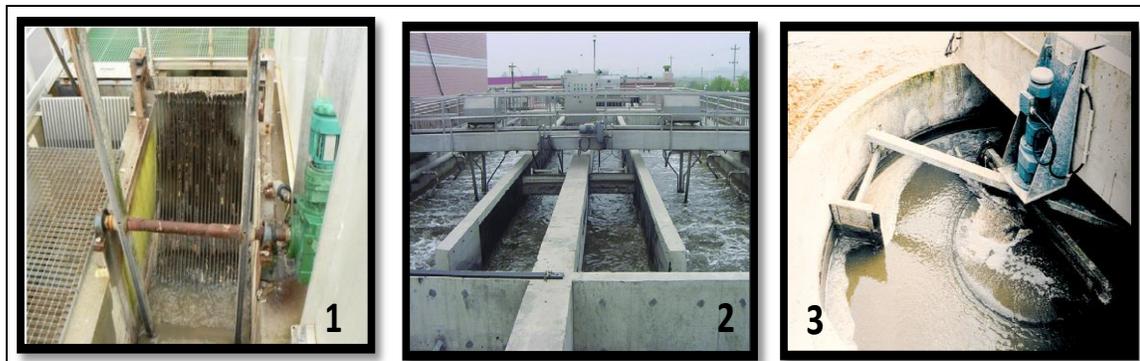


Figure 3 : Etapes de Traitement des eaux usées.

1 : Dégrillage, **2** : Dessablage, **3** : Dégraissage-déshuilage

(Kara.M.et Ammisaid.Y, 2020)

1.7.2. Traitement primaire (physico-chimique)

Ce traitement est basé sur plusieurs étapes dont on distingue :

- **Décantation** : se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension, alors que le dessablage ne vise que l'élimination du sable et des autres matières minérales (plus lourdes que les matières organiques) (Gaid, 1993)
- **Coagulation et floculation** : est une méthode qui favorise la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées, grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et la matière organique d'une eau est essentielle (Cardot, 2010).
- **Flottation** : flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Dans les eaux à forte charge en matières organiques, les matières solides sont rassemblées à la surface par insufflation d'air, sous forme d'écume qui est ensuite retirée par raclage à la surface de l'eau. Les bulles d'air fines s'accrochent aux particules fines à éliminer (Bouchenak et Racha, 2015).
- **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). L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels (Degremont, 2005).

1.7.3. Traitements secondaires (biologique)

Il existe deux types des traitements biologiques: intensifs et extensifs

- **Procédés intensifs** : est la technique la plus développée au niveau des stations d'épuration urbaines. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Baudot et *al.*, 1991). On a les lits bactériens et les boues activées et disques biologiques

- **Les stations par boues activées:** reposent sur les principes suivants (Figure. 4)
L'eau à épurer est mise en contact dans le bassin d'activation avec une culture bactérienne importante : de l'oxygène est fourni à travers un dispositif d'aération, un brassage de la culture bactérienne est effectué, la séparation de la culture bactérienne (boue) et de l'eau épurée se fait dans un bassin de décantation dit clarificateur et la boue est soit recerclée, soit extraite : ce sont les « les boues en excès » (Saggai, 2004)
- **Lit bactérien :** Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateur.(schéma ci-dessous) (Figure 5).Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement (Laabassi, 2016).
- **Disque biologique :** Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants (Figure 6).Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe) et du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes (Baudot et *al.*, 2001).

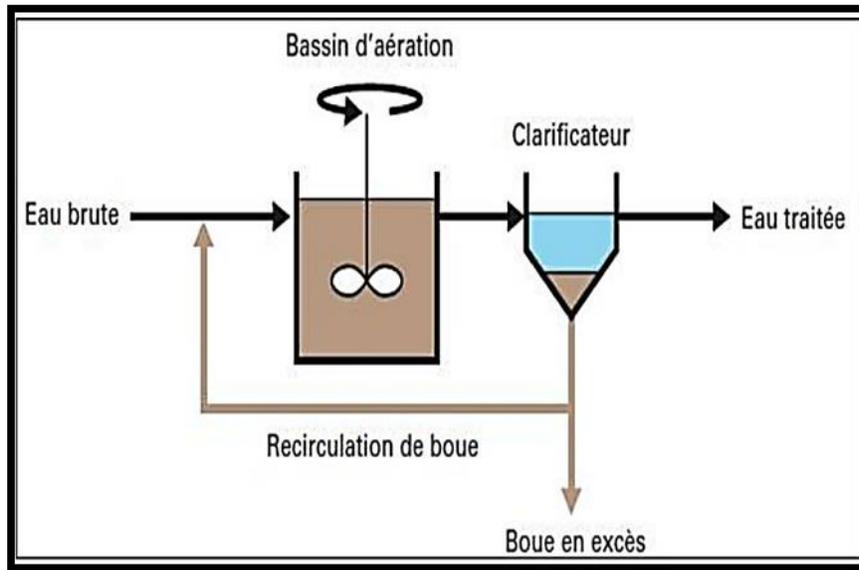


Figure 4 : Principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée (Bernard.B ET Prudencio.P , 2001)

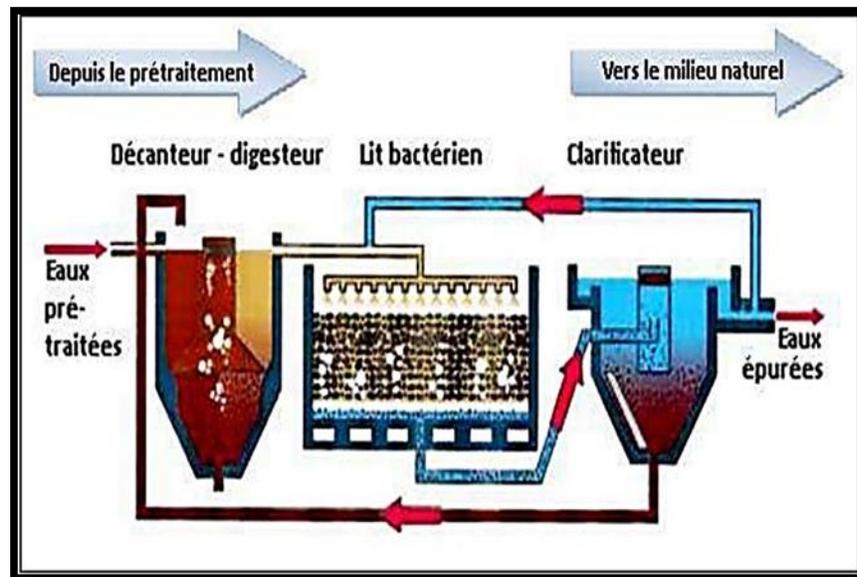


Figure 5 : Principe de fonctionnement d'une station d'épuration à lit bactérien (Hakima El Haité, 2010)

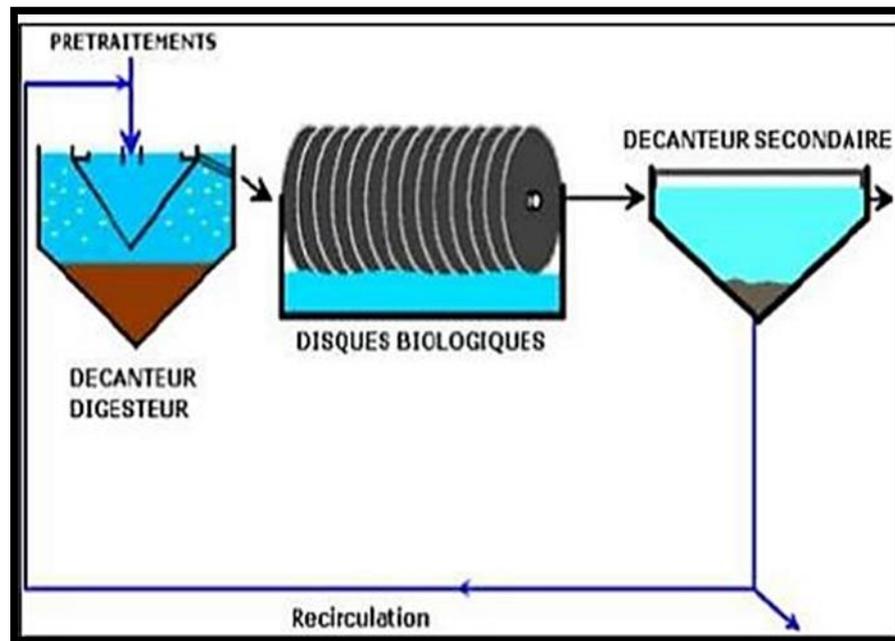


Figure 6 : Station d'épuration comportant un disque biologique

(Bernard.B ET Prudencio.P , 2001)

Procédés extensifs : Sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse (Baudot et al., 2001). Le principal désavantage des unités extensives est que de grandes surfaces de terrains sont nécessaires pour obtenir une longue durée de séjour et assurer un apport d'oxygène suffisant. Nous détaillerons les techniques selon le plan suivant :

- Techniques extensives à culture fixe : (Infiltration-percolation, Filtre planté à écoulement vertical, Filtre planté à écoulement horizontal)
- Techniques extensives à culture libre : (Lagunage naturel, Lagunage à macrophyte, Lagunage aéré)

1.7.4. Traitements tertiaires

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination de l'azote (Nitrification), du phosphore (de phosphorisation) ou des germes pathogènes (désinfection) qui nécessitent la mise en œuvre de traitement tertiaire (Bouhanna, 2013).

2. Présentation STEP Kaf Dokhan GHARDAÏA

2.1. Situation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara sur une superficie de 84660,12 km² (Figure 7). Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat. Elle est limitée

- au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km),
- au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km),
- à l'Est par la Wilaya d'Ouargla (190 Km),
- au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1370 Km),
- au Sud- Ouest par la Wilaya de Menéa (270 Km)
- à l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).

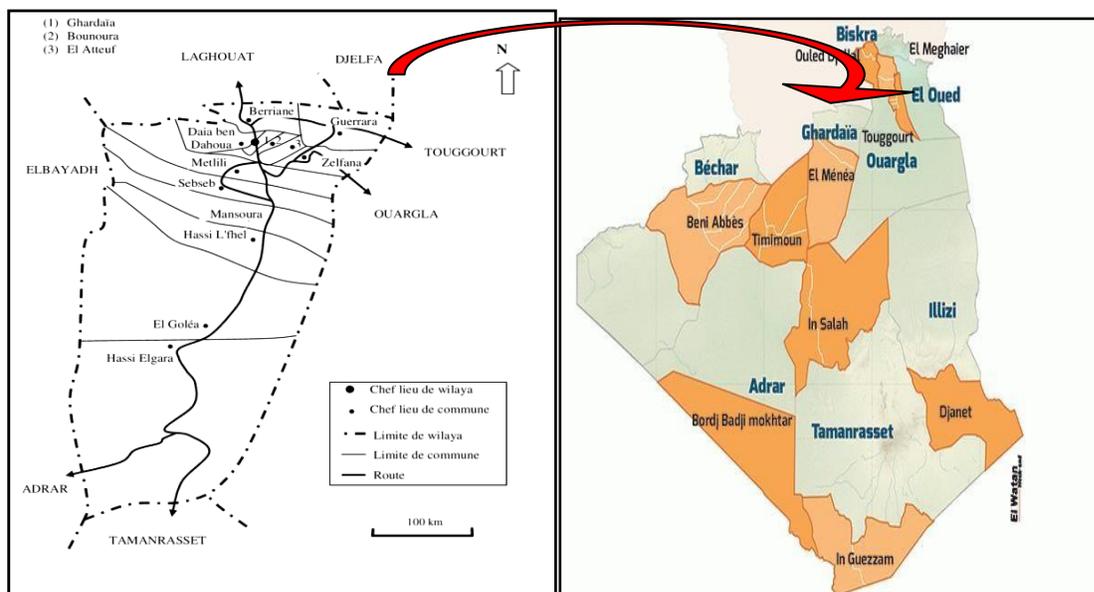


Figure 7 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa (Bouallaoui.M, 2022)

2.2. Démographie

La population totale de la wilaya de Ghardaïa est estimée à 470 369 habitants (Tableau 1), soit une densité de peuplement de 4,25 habitants/ km² (DPSB, 2020).

Tableau 1 : La population totale de la wilaya de Ghardaïa (DPSB, 2020).

Communes	Population	Superficie (m ²)	Densité (%)
Ghardaïa	137 123	306,47	447,43
Daya Ben Dahoua	19 192	2 234,94	8,59
Berriane	42 000	2 609,80	16,09
Metlili	60 860	5 010,12	12,15
Guerrara	82 000	3 382,27	24,24
El Atteuf	21 406	717,01	29,85
Zelfana	10 137	1 946,23	5,21
Sebseb	3 049	4 366,82	0,7
Bounoura	61 781	778,92	79,32
Wilaya	470 369	84 353,65	4,25

2.3. Paramètres Climatologiques

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver.

Le tableau ci-après résume les paramètres climatiques de la région de Ghardaïa pour la période de 2009 à 2020

Tableau 2 : Données climatiques de la wilaya de Ghardaïa (2009 à 2020).

	T°moy (°C)	T° M (°C)	T°m (°C)	Hr (%)	P (mm)
Janvier	12.51	17.53	5.9	45.45	5.98
Février	14.16	20.17	8.09	36.83	0.21
Mars	17.03	22.88	11.1	38.63	7.83
Avril	21.54	27.35	15.04	33.43	7.60
Mai	26.57	32.66	19.63	25.47	3.26
Juin	31.74	37.74	24.74	22.23	1.73
Juillet	35.35	41.21	28.15	19.88	0.84
Aout	34.51	40.55	27.51	21.26	0.29
Septembre	29.11	34.99	23.18	33.04	16.97
Octobre	22.28	28.8	16.82	34.91	5.08
Novembre	16.82	22.37	11.72	44.9	1.87
Décembre	12.89	18.11	7.95	48.8	1.45
Moyen	22.87	28.69	16.48	33.37	53.11*

T° : température, TM : température maximale, Tm : température minimale, Hr : humidité relative, P : précipitation, V : vent (ONM, 2020)

2.3.1. Température

Caractérise les zones arides en général et Ghardaïa en particulier, suite à une analyse d'une série d'observations statistiques enregistrées au niveau de la Wilaya, sur une période d'observations de 15 ans, la température moyenne mensuelle enregistrée, est de 23,2 °C ; avec 43,7 °C pour le mois le plus chaud (Juillet) et 2,6 °C pour le mois le plus froid (Janvier). Par contre, le nord du pays bénéficie d'un climat méditerranéen. En été, les températures sont élevées. Les températures moyennes mensuelles se situent entre 25 et 11°C (ONM, 2020).

2.3.2. Précipitations

Ce qui caractérise les zones arides en général et Ghardaïa en particulier, est que les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels. Février (0.21 mm) mois le moins pluvieux, Septembre (22,4 mm) mois le plus pluvieux, le cumul annuel est de 93 mm. Par contre, la zone nord du pays, possède un climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigés. Cette zone est la plus humide d'Algérie, elle est caractérisée par des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 1000 mm d'eau (ONM, 2020).

2.3.3. Humidité Relative

L'air à Ghardaïa est très sec et L'humidité moyenne annuelle est de 33.74 %. Le taux d'humidité varie d'une saison à une autre. Le minimum est de 19.88 % pour le mois de juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois. Le maximum d'humidité étant de 48.8 % pour le mois de décembre (ONM, 2020).

2.4. Caractéristiques hydrologiques

La région du M'Zab est un immense plateau constitué de calcaire dolomitique du Turonien. Ce plateau est jalonné par un grand nombre d'oueds ; dont les principaux oueds Zegrir, Oued Nsaa, Oued M'Zab et oued Metlili. Ces oueds serpentent la dorsale de direction générale Ouest-Est pour se jeter dans la dépression d'Ouargla. Ces oueds peuvent provoquer des inondations catastrophiques. Durant certaines années exceptionnelles, comme en 1991, en automne 1994, et

en Octobre 2008 de violentes crues ont déferlé sur la vallée en causant de sérieux dégâts (ANRH, 2011).

2.4.1. Nappe phréatique

D'une manière générale, la région est le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier les dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie.

2.4.2. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréso-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est.

L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique.

La nappe du CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Gurara et certaines régions de Menéa).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menéa) (ANRH, 2011).

La station d'épuration de Kef Doukhan est située dans la commune d'El Atteuf (Sud- Est de Ghardaïa). Elle est constitué l'aval de la vallée du M'Zab à environ 21 km et d'une superficie d'environ 79 ha. Cette STEP est la 2^{ème} plus grande STEP par lagunage naturel dans le monde après une STEP de Texas à l'USA (ONA, 2018).

2.2.1. Présentation de la STEP

La STEP de Kaf Dokhan–Ghardaïa- est construit de 2008-2012 sa mise en service on 2012 elle est installer pour traiter les eaux usées urbaines de la commune de Ghardaïa ; Bounoura ; El-Atteuf, par un réseau d'assainissement.

Les eaux usées dans cette STEP sont traitées par procédé du lagunage naturel avec prétraitement, traitement primaire (8 bassins) et traitement secondaire (8 bassins) et déshydratation dans les lits de séchages pour la boue (10 lits) et le milieu récepteur des eaux épurées est l'oued M'Zab (Figure 8 et 9).

Aujourd'hui, la STEP a une capacité de traitement de 25000 m³/j qui correspondent à 168 323 éq/hab et à l'horizon de 2030,46400 m³/j qui correspondent à 331700 éq/hab (ANRH, 2011).

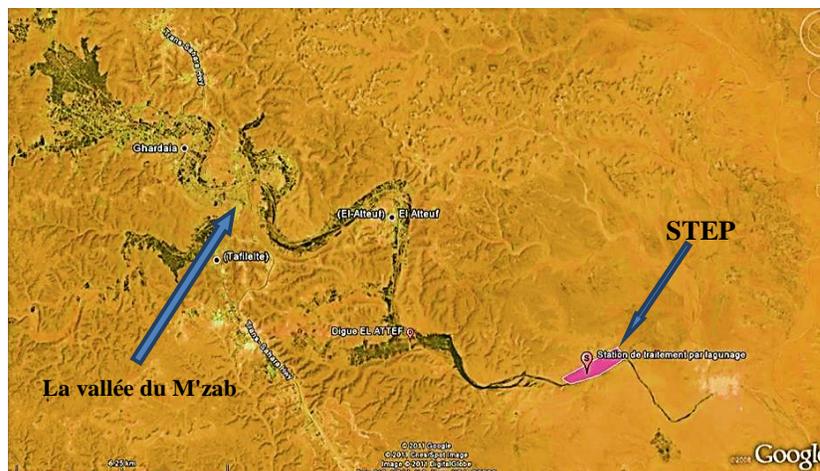


Figure 8 : Situation géographique de la STEP (Google Earth, 2013)

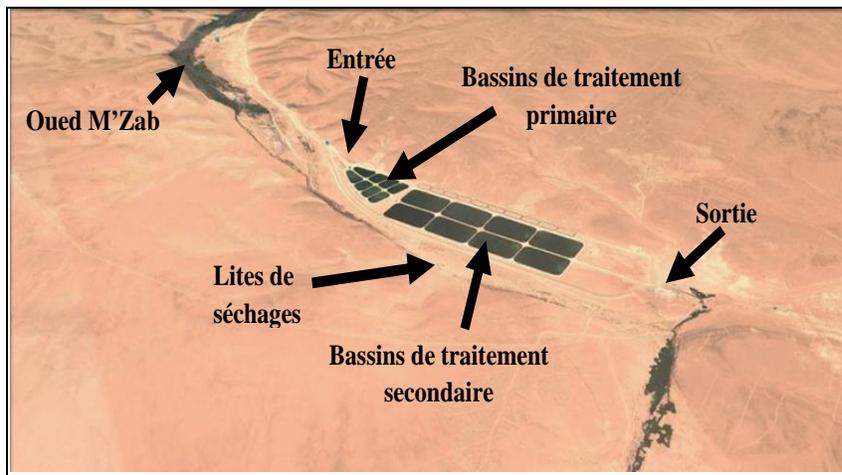


Figure 9: Vue aérienne de la STEP d'El-Atteuf –Ghardaïa- (ONA, 2018).

2.5. Les différentes étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration de Ghardaïa (El Atteuf /Kaf Dokhan)

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

Prétraitement : Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières très hétérogènes et souvent volumineuses. A l'arrivée de la STEP, les eaux brutes avant leur traitement proprement dit, doivent subir un dégrossissage, appelé "prétraitement" qui est destiné à extraire des effluents la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs. Il comporte :

Dégrillage/dessablage : Le système de la STEP comprend deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle.

- ✓ Au niveau de la jonction avec le collecteur principal des eaux usées de l'ensemble des collecteurs des différents bassins de collecte sont prévus des dispositifs de dessablage

Le dessableur et le dégrilleur sont localisés à l'intérieur du répartiteur principal du traitement primaire (Figure 10).

La répartition des débits vers les huit lagunes primaires opère au niveau du répartiteur principal disposé en tête de chacun des deux niveaux d'épuration. Cet ouvrage se compose des éléments suivants, d'amont en aval : à l'aval immédiat des canaux de dégrillage (pour le répartiteur primaire), une cloison siphonide participe à la tranquillisation des flux, l'élargissement de la section de l'ouvrage permet de ralentir le cheminement des eaux usées avant leur passage sur un seuil frontal décomposé en huit seuils de largeur 1m,

les eaux usées se déversent dans deux chambres d'où partent les deux conduites de diamètre 1000 mm de liaison avec les répartiteurs secondaire.

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



Figure 10 : Dégrillage/dessablage. 2 : Répartiteurs principales vers les bassins primaires et secondaires. (STEP, 2021)

- **Traitement primaire** : Le traitement primaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux usées au sein des lagunes primaires dites « anaérobies », constituées de 8 bassins d'une superficie de l'ordre de 0,62 ha et d'une profondeur d'eau de 3,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceignent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien.
- **Traitement secondaire** : Le circuit hydraulique du traitement secondaire est similaire à celui du traitement primaire avec les éléments suivant:

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

Le traitement secondaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux au sein des lagunes secondaires constituées de huit bassins d'une superficie de l'ordre de 3,8 ha et d'une profondeur d'eau de 1,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien (Figure 11).



Figure 11 : Lagunes primaires et secondaires. (STEP, 2021)

- **Traitement des boues** : Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes primaires et secondaires à l'air libre sur 10 lits de séchage.
- **Lits de séchage** : Les lits de séchage sont implantés à une cote supérieure à celle des lagunes afin de pouvoir évacuer les lixiviats drainés vers les lagunes de manière gravitaire.

En effet, les lits de séchage sont constitués d'une couche de sable lavé surmontant des couches de granulométrie plus importante incluant le réseau de drainage. De ce fait, on assiste dans un premier temps à un ressuyage de l'eau interstitielle qui donc est renvoyée vers les lagunes, et dans un second temps l'évaporation permet l'obtention de siccités élevées.

- **Evacuation des eaux traitées** : Après le traitement dans les bassins secondaires, et à travers les ouvrages de sortie des lagunes, les eaux traitées sont évacuées gravitairement vers le rejet final par deux collecteurs de diamètre 1000 mm.

Les eaux épurées sont rejetées directement à l'oued M'Zab (Figure 12).



Figure 12 : Lits de séchage des boues et le rejet final de la STEP vers oued Noumer.

(STEP, 2021)

Tableau 3: Performance de la STEP de Kef Doukhan

Paramètre	Unité	Point d'échantillonnage			Fréquence recommandée
		Affluent	Effluent Lagune secondaire	Effluent de STEP Rejet final	
Débit affluent	m ³ /j	X			1 fois par semaine
Débit effluent	m ³ /j			X	Continu (débitmètre)
DBO ₅ Totale	mg/l	X	X	X	1 fois par mois
DBO ₅ Soluble	mg/l			X	1 fois par mois
DCO Totale	mg/l	X	X	X	1 fois par semaine
DCO Soluble	mg/l			X	1 fois par semaine
MES	mg/l	X	X	X	1 fois par semaine
Azote totale	mg/l	X	X	X	1 fois par mois
NH ₃ ⁺ -NH ₄ ⁺	mg/l	X	X	X	1 fois par mois
NO ₂ ⁻ .NO ₃ ⁻	mg/l			X	1 fois par mois
Pt	mg/l	X		X	1 fois par 3 mois
Alcalinité	mg/l	X			1 fois par 6 mois
Coliformes fécaux	UFC/100mL	X		X	1 fois par mois
Température	°C	X	X	X	1 fois par semaine
ph	--	X	X	X	1 fois par semaine
Oxygène dissous	mg/L		X	X	1 fois par semaine

3. Présentation STEP Saïd-Otba OUARGLA

3.1. Situation géographique

La région d'Ouargla appartenant au Sahara septentrional est-algérien (Kouzmine, 2003) est située à environ 800 km au Sud-est d'Alger au fond d'une vaste dépression sans exutoire (Ozenda, 1991) considérée comme l'une des plus grandes des oasis du Sahara algérien.

Administrativement, la Wilaya de Ouargla est située au Sud-Est du pays dans le bas Sahara dans les limites de latitude 28°45' et 33°55', de longitude 3° et 9° 35' (Rouvillebrigol, 1975 ; Dubost, 1991) couvrant un territoire de 163 230 km² et d'altitude moyenne de 128 m (ANRH, 2005). Elle se situe à 190 km à l'Est de Ghardaïa, 388 km au Sud de Biskra et à 160 km au Sud-Ouest de Touggourt (Figure 13). Elle est limitée par la Wilaya d'El-Oued au Nord, la Wilaya d'Illizi au Sud, les Wilaya de Djelfa Biskra et Ghardaïa au Nord-Ouest et Ouest, la Wilaya de Tamanrasset au Sud-Ouest et par la Tunisie à l'Est (DPAT, 2012). La Wilaya est organisée administrativement en 21 communes et 10 Daïras.

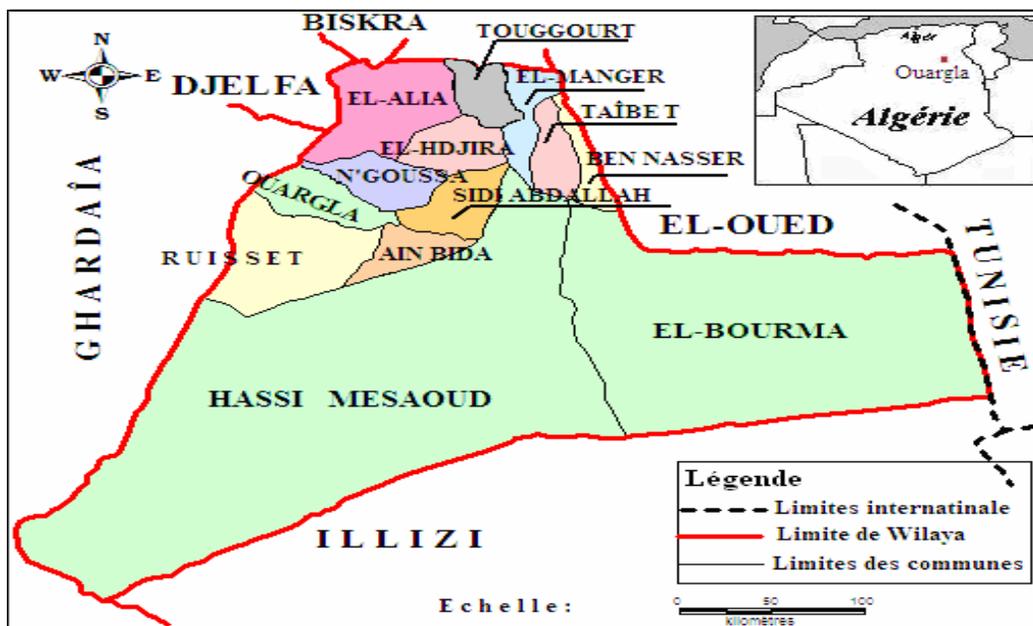


Figure 13 : Position géographique de la wilaya de Ouargla (Faci et al., 2017)

3.2. Données climatiques de la région d'Ouargla

Ouargla est située dans une zone appartenant à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux. Son climat est caractérisé par une aridité nettement exprimée par un Indice d'aridité de De Martone ($I_m = 1,2$) et une sécheresse quasi permanente (Martonne, 1926). Le tableau ci-après résume une moyenne des données climatologiques de la wilaya

Tableau 4 : Données météorologique de la ville d'Ouargla (2007-2018) (ONM, 2019).

	T°m (°C)	T°M (°C)	T° moy(°C)	P (mm)	Insolation (hes/mois)	Vent (m/s)	Evap (mm)	H (%)	Hmax	Hmoy
Janv	3.36	21.56	12.46	7.74	249.92	8.24	95.58	34.60	78.85	34.60
Févr	3.38	25.36	14.37	4.09	236.71	9.50	120.60	28.09	69.05	28.09
Mars	8.82	28.58	18.70	5.19	268.20	10.36	189.40	22.84	62.07	22.84
Avr	12.08	32.76	22.42	1.53	279.37	11.46	240.72	19.59	54.35	19.59
Mai	18.48	37.45	27.97	2.09	302.57	11.61	313.99	16.67	45.86	16.67
Jui	23.15	43.18	33.17	0.68	237.73	10.39	371.25	14.90	40.44	14.90
Juill	26.48	47.35	36.91	0.29	320.73	9.37	447.43	13.30	34.32	13.30
Août	26.15	44.15	35.15	0.72	336.60	9.29	393.35	15.08	39.95	15.08
Sept	21.69	40.62	31.16	5.69	266.03	9.60	281.33	20.09	52.03	20.09
Octo	15.05	35.82	25.44	6.23	265.42	9.54	210.65	24.72	61.34	24.72
Nov	9.21	26.27	17.74	2.52	251.51	7.53	124.11	30.74	73.27	30.74
Déce	3.69	22.94	13.31	3.68	232.81	7.39	87.38	36.24	80.53	36.24
Moy annue l	14.29	33.84	24.07	40.44	270.65	9.52	2880.79	23.07	57.65	23.07

T°M: température maximale, **Ins**: Insolation, T°m: température minimale, T° moy: température, moyenne, **H**: Humidité relative. **P** : Précipitation, **V**: vents

3.2.1 Températures

Les températures d'Ouargla sont nettement plus contrastée que dans les autres oasis Sahariennes .Elles jouent un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologique tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère. La température

moyenne annuelle est de 24.07 C° avec un maximum en Juillet de 47.35 C° et un minimum en Janvier de 3.36 °C (ONM, 2019).

3.2.2 Précipitations

Les pluies sont rares et irrégulières d'un mois à un autre et à travers les années. Les pluies tombent essentiellement au printemps et en automne avec un maximum en janvier de 7.74 mm. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 40.44 mm (ONM, 2019).

3.2.3 Vents

Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de mars à juin, avec un maximum de 11.61 m/s durant le mois de mai. Ces vents occasionnent des gênes importantes en transportant des quantités considérables de sables et contribuent à l'assèchement de l'atmosphère (ONM, 2019).

3.2.4 Evaporation

Dans la région d'Ouargla comme partout en milieu aride, l'évaporation est toujours plus importante sur une surface nue que sous le couvert végétal surtout en été Cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air et des vents desséchants. Elle est d'un cumul annuel de l'ordre de 2880,79 mm/an avec un minimum de 87,38 mm en décembre et un maximum de 447,43 mm en juillet (ONM, 2019).

3.2.5 Humidité relative

L'humidité relative de l'air est faible avec une moyenne annuelle de 23.07 % (2007-2018), elle varie sensiblement en fonction de saisons de l'année. En effet pendant l'été, elle diminue jusqu'à 13.30 % au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds. Elle s'élève en hiver et atteint une moyenne maximale de 80.53 % au mois de décembre (ONM, 2019).

3.2.6 Insolation

La durée moyenne de l'insolation est de 270,65 h avec un maximum de 336,60 h en Aoute et un minimum de 232,81 h en Décembre (ONM, 2019).

3.3. Géologie de la région

La cuvette d'Ouargla est caractérisée, géologiquement, à l'Ouest par les affleurements rocheux de la hamada du vaste plateau Moi-Pliocène dans lequel est encaissée cette cuvette et à l'Est par les formations éoliennes de recouvrement représentées par les vastes étendues de sable fin du grand Erg oriental (ANAT, 2003). Le relief d'Ouargla est constitué des roches sédimentaires, alluvions et colluvions dérivées des Marnes jaunâtres plus ou moins gréseuses, salées et gypseuses, calcaires jaunâtres ou ocre, gréseux ou marneux, argiles sableuses rouges à ocre, salées et gypseuses, grès, sables et conglomérats, calcaires lacustres et les sables récents du quaternaire (Messaoudi, 2010).

3.4. Hydrogéologie de la région

Les ressources hydriques dont dispose Ouargla appartiennent à trois aquifères: le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal (formée par deux niveaux aquifères : le Sénono-Eocène et le Mio-Pliocène), deux aquifères fossiles et une nappe superficielle (phréatique) du bas en haut nous avons (Tableau 5)

- Les grès et argiles sableuses du CI avec la nappe dite de l'Albien
- Les calcaires avec la nappe du Sénono-Eocène carbonatés
- L'ensemble détritique (sables, argiles et évaporites) des formations continentales avec la nappe du Mio-Piocène
- Une nappe libre (phréatique), contenue dans les formations et les sols sableux fins argileux et gypseux d'âge
- La nappe phréatique Quaternaire est très salée et par conséquent elle demeure non exploitée à l'échelle de la région (Nesson, 1978; Castany, 1982; Nezli et *al.*, 2007; Nezli, 2009).

Tableau 5 : Colonne lithostratigraphique de la région de Ouargla (Nesson, 1978 ; Castany, 1982 ; Nezli et *al.*, 2007 ; Nezli, 2009).

Chronostratigraphie	Unités hydrogéologiques		Prof	Lithostratigraphie	Lithologie
Quaternaire	Nappe phréatique		20m		
Tertiaire	Nappe du Complexe Terminal	Nappe des sables	120m	Mio-Pliocène	
		Impermeable		Eocène évaporitique	
		Nappe des calcaires (Sénono-Eocène)	520m	Sénonien carbonaté	
		Impermeable	700m	Sénonien lagunaire	
Secondaire	Crétacé	Nappe du turonien	1100m	Turonien	
		Impermeable		Cénomaniens	
		Nappe du Continental Intercalaire	2000m	Vraconien	
		Nappe de l'Albien		Albien	
				Aptien	
		Barrémien			

3.5. Aspect morphologique de Ouargla

Géomorphologiquement, le territoire d'Ouargla est situé dans l'immense bassin saharien au relief très varié. Il constitue (Salhi, 2017) :

- Les vallées sont représentées par la vallée fossile d'oued Mya et celle de l'Oued Righ. Les plaines s'étendent du nord au sud et sont plutôt réduites à la limite occidentale de la Wilaya. Quant aux dépressions, elles sont essentiellement localisées dans la région de l'Oued Righ.
- Le Grand Erg Oriental : véritable mer de sable où les dunes peuvent atteindre une hauteur de 200 m. Il s'étend au 2/3 du territoire
- La Hamada: plateau caillouteux situé en grande partie au Sud et à l'Ouest
- Les plaines: assez réduites s'étendent du Nord au Sud. L'Oued Mya et l'Oued Righ constituent les deux vallées fossiles de la région.
- Les dépressions: sont peu nombreuses et se situent dans la zone de Oued Righ.

Pour réduire la pollution des eaux usées, la wilaya d’Ouargla dispose d’une station d’épuration par lagunage aéré en 2009, pour traiter les eaux usées domestiques, sur une surface total de 80h (8 bassins). Ce STEP est située dans le quartier de Saïd Otba ; au nord de la RN49 et elle a d’une capacité de 260102 Eq/ha et 400 000 Eq/ha à l’horizon de 2030 (Khacheba et Hartani, 2017) (Tableau 03). Elle est composée de deux étages d’aération (4 lagunes pour 1er étage et 2 lagunes pour le second) et d’un troisième étage de finition composé de 2 lagunes (Figure 14 et 15)

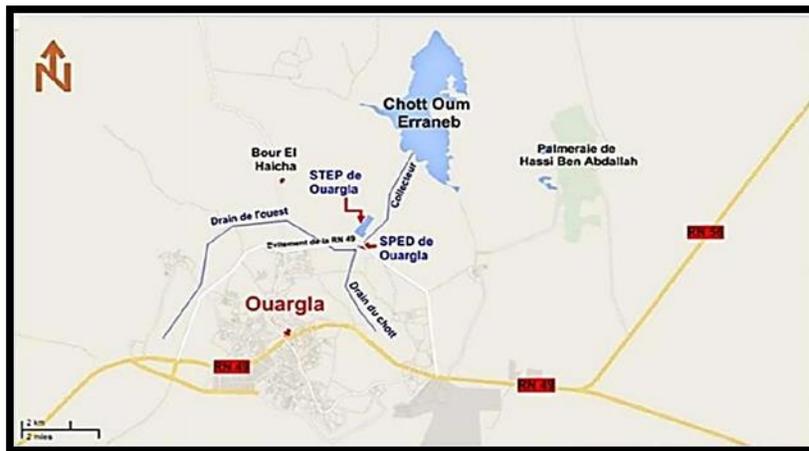


Figure 14 : Situation de la station d’épuration de Saïd Otba –Ouargla-

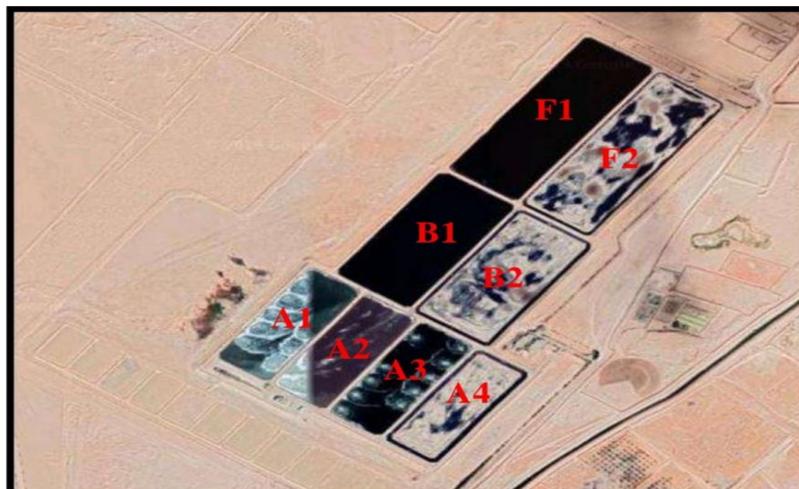


Figure 15: Schéma de la STEP de Saïd Otba –Ouargla-

Les caractéristiques techniques de la STEP sont résumées dans le tableau ci-après

Tableau 6: Caractéristiques techniques de la STEP de Saïd Otba

1^{er} niveau	
Nombre de bassin d'aération	4
Volume totale	3408000 m ³
Volume par unité de bassin	25200 m ³
Surface totale	9.6 ha
Surface par unité de bassin	2.4 ha
Profondeur des bassins	3.5 m
Temps de séjour	5.5 jours
Nombre d'aérateurs	12
2^{ème} niveau	
Nombre de bassin d'aération	2
Volume totale	227200 m ³
Volume par unité de bassin	113600 m ³
Surface totale	8.2 ha
Surface par unité de bassin	4.1 ha
Profondeur des bassins	2.8 m
Temps de séjour	3 jours
Nombre d'aérateurs	7
3^{ème} niveau	
Nombre de bassin d'aération	2
Volume totale	148054 m ³
Volume par unité de bassin	4027 m ³
Surface totale	9.8 ha
Surface par unité de bassin	4.9 ha
Profondeur des bassins	1.5 m
Temps de séjour	2 jours
Nombre d'aérateurs	8

3.6. Les différentes étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration d'Ouargla (Saïd-Otba)

Le traitement des eaux usées au niveau de la STEP de Saïd Otba passe par les étapes suivantes :

- **Prétraitement** : Après passage dans le regard de dégazage, les eaux usées seront dirigées vers l'ouvrage de prétraitement. Cette phase de traitement consiste à éliminer les déchets grossiers et gênants pour le bon fonctionnement de l'installation .Le prétraitement comporte les éléments suivants :

- ✓ **Dégrillage** : Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm).

Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposée en parallèle permettra de by-pass complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques. Les refus de grilles tombent sur un convoyeur, installé perpendiculairement aux deux grilles automatiques. Les refus de grille sont évacués vers un conteneur étanche de 4 m³, placé à côté de l'ouvrage de dégrillage.(Figure 16).

- ✓ **Dessablage** : Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23 m de long. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chenal. Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable (Figure 16).

Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une siphonide. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage.

Le répartiteur est disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage (A1, A2, A3 et A4). Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque.



Figure 16 : Phases de prétraitement dans la STEP de Saïd Otba (STEP, 2020)

- **Traitement secondaire :** A la suite de ces prétraitements, les eaux à trait subissent un traitement par le système de lagunage aéré. Cette étape est constituée de (Figure 16):
 - ✓ **Lagunes d'aération :** Les bassins d'aération sont revêtus de géomembrane bitumineuse de type PHD (polyéthylène haute densité). Ce géomembrane est constituée par un liant bitumineux qui vient imprégner à cœur et surfer un géotextile non tissé polyester. Le géotextile confère à la géomembrane ses propriétés mécaniques et le liant l'étanchéité.
 - ✓ **Lagune de finition :** Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition. Le traitement de finition se met en œuvre après le traitement biologique. Son rôle est de réduire à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés. Il améliore ainsi la qualité de l'effluent clarifié. En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits.



Figure 17: Traitement secondaire des eaux usées dans la STEP Saïd Otba –Ouargla (STEP, 2020)

Lits de séchages : Les boues décantées au fond des lagunes serrant sécher à l'air libre sur des lits de séchage (Figure 17-1). Le transport de ces boues du fond des lagunes vers les lits de séchage est réalisé par des conduites flexibles. Ces boues voient leur siccité augmenter grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage. Ce dernier favorise l'évacuation de la grande partie de l'eau par simple ressuyage. Cette eau évacuée en tête de station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.

A l'issue de ce séchage, les boues sont évacuées vers leur destination finale, mise en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique intéressant.

Acheminement : Dès la sortie des eaux usées épurées de la STEP, un canal de transfert assure l'acheminement de ces eaux vers Sebkhath Safioune (Figure 17-2), à 40 km au nord de la STEP. Le canal de transfert est un ouvrage construit en béton, étanche, de section rectangulaire de 2,9 x 2,3 m, composé de deux conduites, une achemine les EUE provenant de la STEP, et l'autre véhicule les eaux de drainage venant de la SPED. Les deux conduites sont séparées par une cloison de 1,5m de hauteur. Cette cloison a pour but la suppression de tout contact ou mélange entre les EUE et les eaux de drainage. Des ouvertures du côté de la conduite des EUE sont parsemées tout au long du canal, espacées de 100 m environ. Ces ouvertures permettent des piquages des EUE en vue de les réutiliser en irrigation.

L'itinéraire du canal est sinueux, avec une longueur avoisinant les 40 km, mesurée de la sortie des EUE de la STEP jusqu'au point de rejet embouchure du canal dans Sebkhath Safioune (Figure 17-2). Des photos et une carte illustrant l'itinéraire du canal seront exposées ci-dessous (Nader, 2014)

Rejet : Les excédents hydriques (EUE et eaux de drainage) acheminés par le canal de transfert circulent sous l’effet de la gravité (sans aucun pompage), où ils parcourent 40 km environ pour être rejetés au niveau du milieu récepteur qui est sebkhat Safioune ; ces eaux commencent à se mélanger à quelques mètres du point de rejet (Nader, 2014).



Figure 18 : Lits de séchages des boues récupérées de bassins (1) etItinéraire d’acheminement des eaux épurées par canal de transfert (2) (STEP, 2020)

Chapitre II

Résultats et discussion

Bilan et résultats d'analyses des eaux épurées de la STEP d'Ouargla et Ghardaïa (rendement et fiabilité)

Dans cette rubrique, nous avons présenté les résultats obtenus à partir des analyses des laboratoires sur les échantillons journaliers moyens à l'entrée et à la sortie, pour les eaux usées brutes et traitées des deux stations d'épuration, Ghardaïa et Ouargla, et discuté de chaque facteur en conséquence, afin de déterminer l'efficacité des deux stations.

Les résultats d'analyses des eaux brutes et des eaux épurées de la station d'épuration de Saïd Otba –Ouargla- (ONA, 2017) de Kaf Dokhan –Ghardaïa- (ONA, 2021), sont résumés dans les tableaux ci-dessous (Tableau 7 et 8)

Les résultats de ces analyses sont interpolés sous forme des histogrammes ci-après et à défaut de préleveurs automatiques, l'échantillonnage doit être effectué conformément aux procédures ONA (Procédure DEM 0901 (échantillonnage eaux usées pour analyses).

D'après le décret n° 06-141 du 19/04/2006 les Valeurs limitent des paramètres des rejets : ne doivent pas dépassés les normes que ce soit algériennes ou de l'OMS.

Tableau 7 : Résultats d'analyses des eaux brutes et des eaux épurées de la station d'épuration de Saïd Otba –Ouargla- (ONA, 2017)

	Jan		Fév		Mar		Avr		Mai		Jun	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	E ntrée	S ortie	E ntrée	S ortie
MES (mg/l) O	106	57	181	57	204	68	123	51	157	78	124	73
MES (mg/l) G	62,5	52	54,5	58	140	68	69,5	62,5	147,5	98	41	80
DBO5 (mg/l) O	85	10	120	16	101	36	100	26	126	35	136	42
DBO5 (mg/l) G	150	61	63,5	49,5	106	72	70,5	35,5	199	50,5	72	50,5
DCO (mg/l) O	313	80	297	93	284	110	304	93	314	137	353	109
DCO (mg/l) G	187,5	93,4	178,5	108,5	175	115	192	89,6	277	86	190	96,3
N-NH₄ (mg/l) O	0	0	0	0	0	0	0	0	25	29	29	27
N-NH₄ (mg/l) G	26,3	23,6	76,4	41,3	27,4	33	32,6	34,9	24,8	32,8	25,2	20,2
N-NO₂ (mg/l) O	0,11	0,03	0	0	0,11	0,07	0	0	0,1	0,04	0,14	0,09
N-NO₂ (mg/l) G	0,13	0,15	0,35	0,45	0,28	0,36	0,23	0,36	0,29	0,3	0,29	0,28
N-NO₃ (mg/l) O	0,22	0,03	0	0	0,23	0,13	0	0	0,18	0,15	0,12	0,25
N-NO₃ (mg/l) G	0,28	0,66	1,21	0,86	0,66	0,64	0,47	0,53	0,44	0,2	0,39	0,79
PO₄⁻³ (mg/l) O	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	1
PO₄⁻³ (mg/l) G	1,47	1,38	1,64	0,33	1,8	0,85	1,58	0,35	1,76	1,68	2,02	1,64
PT (mg/l) O	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	2
PT (mg/l) G	1,98	1,83	1,77	0,35	1,78	2,04	2,03	1,89	1,78	1,73	3,01	1,88
O₂ (mg/l) O	1	5,85	0,64	3,34	0,64	3,01	1	2,82	0,7	1,99	0,47	1,02
O₂ (mg/l) G	4,73	6,35	5,68	6,54	5,48	6,35	5,16	5,7	4,42	4,87	4,16	4,48
Sal (mg/l) O	15,05	8,35	9,38	8,87	8,87	7,18	8,46	8,08	9,21	8,99	7,5	8,7
Sal (mg/l) G	2,09	1,89	2,04	1,92	2,01	1,91	2,01	1,99	1,97	1,98	2	2
pH O	7,36	7,49	7,35	7,45	7,37	7,43	7,89	7,59	7,7	7,97	7,54	7,93
pH G	8	8,35	8,02	8,31	8,03	8,33	7,94	8,13	8,04	8,22	7,69	7,86
T° (°C) O	20,06	12,46	21,99	15,42	23,38	19,06	25,27	21,21	28,26	25,38	30,92	27,44
T° (°C) G	17,24	14,24	17,52	16,31	19,16	16,89	22,93	21,17	26,48	25,08	30,27	28,32

Chapitre II : Resultats est discussion

	Jui		Aou		Sep		Oct		Nov		Dec	
	entrée	sortie										
MES (mg/l) O	183	72	112	65	109	69	91	67	180	39	385	76
MES (mg/l) G	133	67,5	77	50	0	0	97	61	45	67	46	39
DBO5 (mg/l) O	115	40	160	58	153	44	195	28	290	97	230	38
DBO5 (mg/l)G	98,5	35	158	29	204	49	113	20	55	10	83	72,3
DCO (mg/l) O	387	109	359	102	324	109	262	100	460	102	447	95
DCO (mg/l) G	192,5	86,1	165	80,7	256	110	260	61,8	124	90,5	103	90,4
N-NH₄ (mg/l) O	31	24	24	25	30	0	30	29	36	35	33	38
N-NH₄ (mg/l) G	30,6	35,6	35	29,6	49	36,3	26,3	31,9	30,1	19	13	11,4
N-NO₂ (mg/l) O	0,14	0,18	0,06	0,05	0,13	0,08	0,2	0,04	0,23	0,03	0,24	0,08
N-NO₂ (mg/l) G	0,22	0,26	0,32	1,46	0,4	0,04	0,04	0,29	0,01	0,13	0,25	0,89
N-NO₃ (mg/l) O	0,69	0,32	0,21	0,12	0,58	0,42	0,89	0,41	0,66	0,37	0,89	0,11
N-NO₃ (mg/l) G	0,6	0,51	0,34	0,59	0,73	0,58	0,32	0,5	0,57	0,45	0,74	0,57
PO₄⁻³ (mg/l) O	2	2	2	2	0,33	2	0	0,77	4	0,7	4	3
PO₄⁻³ (mg/l) G	1,44	0,84	1,67	1,64	1,66	1,88	2,98	1,57	1,61	1,36	2,02	2,01
PT (mg/l) O	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	5	3
PT (mg/l)G	1,9	1,9	1,81	1,65	1,83	2,12	2,66	3,64	1,91	1,99	1,59	1,91
O₂ (mg/l) O	0,3	1,21	0,26	1	0	0	0,59	1,39	1	2,87	0,93	1,88
O₂ (mg/l) G	3,15	4,12	3,83	4,15	3,93	4,2	4,21	4,73	3,73	4,11	3,74	3,87
Sal (mg/l) O	9,22	8,95	13,03	9,62	9,41	8,96	10,14	8,96	13,86	10,87	15,42	12,7
Sal (mg/l) G	1,87	1,99	1,91	1,96	1,99	1,94	1,97	1,91	2,01	1,91	2,16	1,94
pH O	7,58	8,12	7,31	7,99	7,45	7,66	7,52	7,64	7,85	7,53	7,37	7,26
pH G	7,26	7,29	7,44	7,74	7,51	7,53	7,14	7,2	6,81	6,83	6,65	6,68
T° (°C) O	31,18	28,71	31,82	28,84	30,08	25,96	28,54	23,62	23,37	17,89	20,13	13,73
T° (°C) G	32,72	29,94	31	29,19	30,05	29	27,21	24,67	20,59	18,39	14,81	12,63

1.1. Variation du pH des eaux brutes et épurées

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans les tableaux suscités et sont interpolés dans l'histogramme (Figure 19).

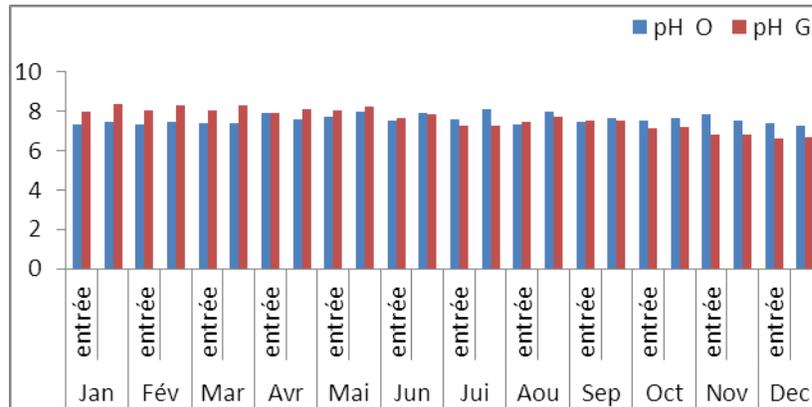


Figure 19 : Variation pH des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La mesure de pH dans la STEP de Saïd Otba, a donné pour les eaux brutes, une valeur minimale de 7.31 au Mois d'Aout et une valeur maximale de 7.89 au Mois d'Avril, et pour les eaux épurées, la valeur minimale est de 7.26 au Mois de Décembre et la valeur maximale est de 8.12 au Mois de Juillet. Ces résultats sont comparables à ceux qui s'enregistrent dans la STEP de Kaf Dokhan, où la mesure de ce paramètre, pour les eaux brutes, est variée de 6.65 au Mois de Décembre à 8.04 au Mois de Mai) (max, et pour les eaux épurées, ils ont enregistré de 6.68 au Mois de Décembre) et de 8.35 au Mois de Janvier.

Le rôle du pH est capital pour la croissance des microorganismes et constitue un paramètre important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration.

Ces valeurs sont conformes aux normes de rejet de l'OMS et algériennes, où la valeur du pH comprise entre 6,5 et 8,5, ce qui signifie qu'il est neutre parfois basique .

1. 2. Variation de la Matière En Suspension (MES)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 20).

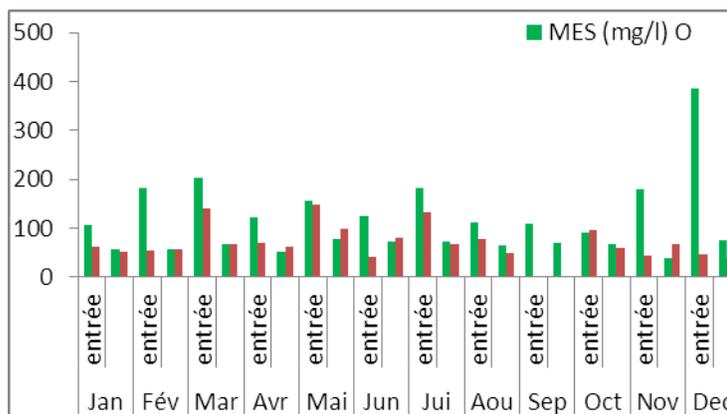


Figure 20 : Variation de la MES des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

Le suivi de la Matière En Suspension (MES) dans la STEP de Saïd Otba –Ouargla-, pour les eaux brutes, a montré une teneur variée de 106 mg/l au mois de Janvier à 385 mg/l au mois de Décembre et pour les eaux épurées, ils ont enregistré que la teneur minimale est de 51 mg/l au mois d’Avril et la teneur maximale est de 87 mg/l au mois de Mai. Par contre, le suivi ce paramètre dans la STEP de Kaf Dokhan –Ghardaïa- a donné, pour les eaux brutes, un taux varié de 41 mg/l, au Mois de Juin à 147 mg/l au Mois d’Avril et pour les eaux épurées, ils ont enregistré que le taux minimal est de 39 mg/l au mois Décembre et le taux maximal est de 98 mg/l au mois de Mai.

Ces résultats ne sont pas conformes aux normes (OMS et Algériennes) pour les deux STEP de Kaf Dokhan et de Saïd Otba ; ce qui favorise la présence des algues et qui implique le mauvais fonctionnement des bassins, de dessableur, celui du dégrilleur et des anomalies au niveau de ces bassins qui permettent à la matière en petit et en grand dimensions de continuer leur chemin vers les autres bassins d’épurations

Selon Rodier (2005), la teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d’eau (sable, boues, particules organiques, plancton,...etc.) ; elles sont fonction de la nature des terrains traversées, de la saison,

de la pluviométrie, des travaux, des rejets...etc. Pour cette raison, les stations de lagunage doivent éviter des rejets dans des milieux clos et/ou trop petits, sous risque d'entraîner des phénomènes d'eutrophisation.

1.3. Variation de la Demande Biologique en Oxygène (DBO5)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 21).

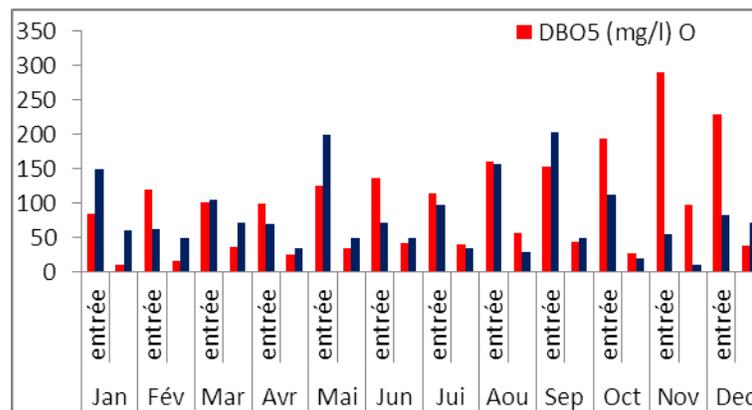


Figure 21 : Variation de la DBO5 des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La quantité de la demande biologique (DBO_5) dans la STEP de Ouargla, pour les eaux brutes, est variée de 85 mg/l, au Mois de Janvier à 290 mg/l au Mois de Novembre et pour les eaux épurées, ils ont enregistré que la quantité minimale est de 10 mg/l au Mois de Janvier et de 97 mg/l au Mois de Novembre comme de la quantité maximale. Par contre, la quantité de DBO_5 dans la STEP de Ghardaïa, pour les eaux brutes, variée de 55 mg/l, au Mois de Novembre à 204 mg/l au Mois de Septembre et pour les eaux épurées, ils ont enregistré que la quantité minimale est de 10 mg/l au Mois de Novembre et de 72.3 mg/l au Mois de Décembre. Cette variation est en relation avec la charge en matières organiques biodégradables, leur richesse en micro-organismes et la quantité d'oxygène dissous pour chaque étage de traitement

Selon les normes algériennes et de OMS, les résultats obtenus ne sont pas conformes

Il faut retenir que dans un milieu nettement pollué, des faibles valeurs de DBO_5 , peuvent être liées à la présence d'éléments toxique inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer la DBO_5 comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau (Rodier, 2005).

1.4. Variation de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 22).

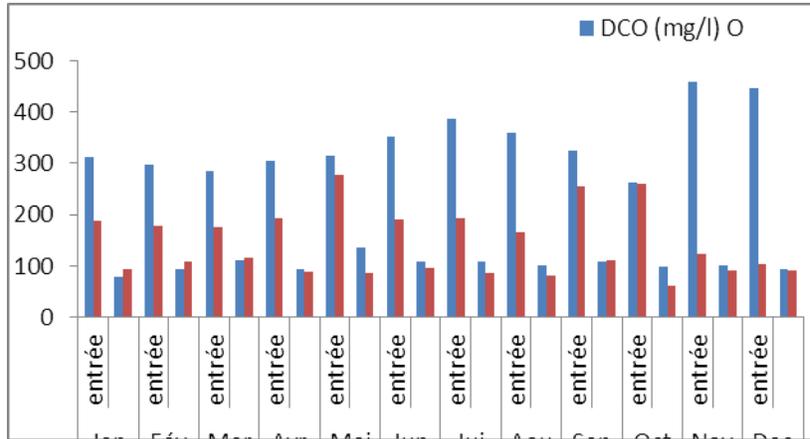


Figure 22 : Variation de la DCO des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

Les valeurs de la demande chimique (DCO) dans la STEP de Ouargla est variée de 262 mg/l au mois d'Octobre à 460 mg/l au mois de Novembre, pour les eaux brutes et pour les eaux épurées, ce paramètre varie de 80 mg/l au mois Janvier à 137 mg/l (Mai). Par contre, dans la STEP de Ghardaïa, varie de 103 mg/l au mois de Décembre à 277 mg/l au mois de Mai, pour les eaux brutes et pour les eaux épurées, ce paramètre varie de 61 mg/l au mois d'Octobre à 108 mg/l au mois de Février.

Les résultats obtenus montrent une diminution des valeurs pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes, mais ils restent conformes aux normes algérienne et de L'OMS des rejetés (90 mg/l).

La DCO et la DBO5, reflètent un bon fonctionnement des bactéries par leur rôle de la dégradation de la matière organique en présence d'oxygène qui lui aussi par ces quantités confirme une auto-suffisance pour cette opération

1.5. Variation de la température (T°)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 23).

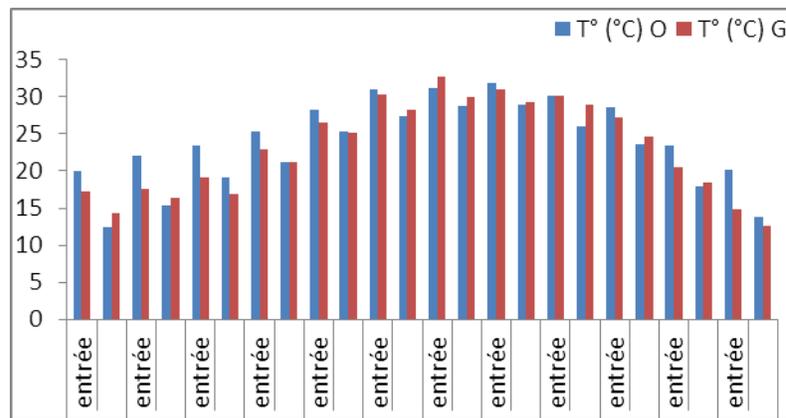


Figure 23 : Variation de la température (T°) des eaux brutes et épurée de la STEP de Kef Dokhan (ONA, 2021) et de Saïd-Otba (ONA, 2017)

La mesure de la Température dans la STEP de Ouargla, pour les eaux brutes, est variée de 20.6 °C (Janvier) à 31.82 °C (Aout) et pour les eaux épurées, ils ont enregistré des températures de 12.46 (Janvier) à 28.84 °C (Aout). Par contre, La mesure de ce paramètre dans la STEP de Ghardaïa, pour les eaux brutes, est variée de 14.81 au Mois de Décembre à 32.72 °C au Mois de Mai, et pour les eaux épurées, ils ont enregistré des valeurs de 12.63 (Décembre) à 29.94 °C (Juillet).

L'observation générale de ce paramètre montre une diminution des valeurs de température des eaux traitées par rapport aux eaux brutes, probablement à cause de mouvements des eaux dans les bassins entre les étages et la fluctuation de ces valeurs est en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau.

Les normes algériennes des rejets des eaux usées traitées restent inférieures aux normes de rejets des eaux usées dans la nature, (30 °C). Les résultats obtenus montrent que les valeurs des températures enregistrées, au niveau des deux STEP, ne dépassent pas les valeurs limites des paramètres des rejets ; ce qui traduit leur conformité aux normes.

1.6. Variation de l'Ammonium ($N-NH_4$)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 24).

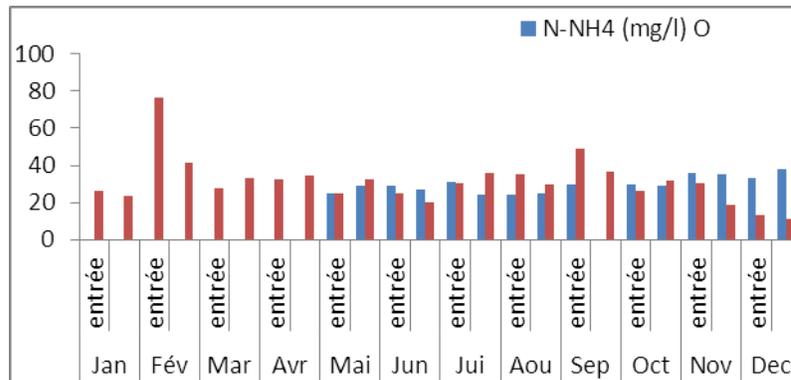


Figure 24 : Variation de la N-NH₄ des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La teneur en ammonium pour la STEP de Saïd Otba, des eaux brutes, variée de 24 (Aout) à 36mg/l (Novembre) et pour les eaux épurées, elle variée de 24 (Juillet) à 38 mg/l (Décembre). Par contre, cette analyse a montré pour la STEP de Ghardaïa que les eaux brutes variées de 13 (Décembre) à 76.4 mg/l (Février) et pour les eaux épurées, elle est de 11.4 (Décembre) à 41.3 mg/l (Février).

Ces résultats montrent que la teneur en ammonium, pour la STEP de Ouargla, dépasse les valeurs limites des paramètres des rejets mais pour la STEP de Ghardaïa les valeurs restent conformes aux normes.

1.7. Variation des Nitrites (N-NO₂)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 25).

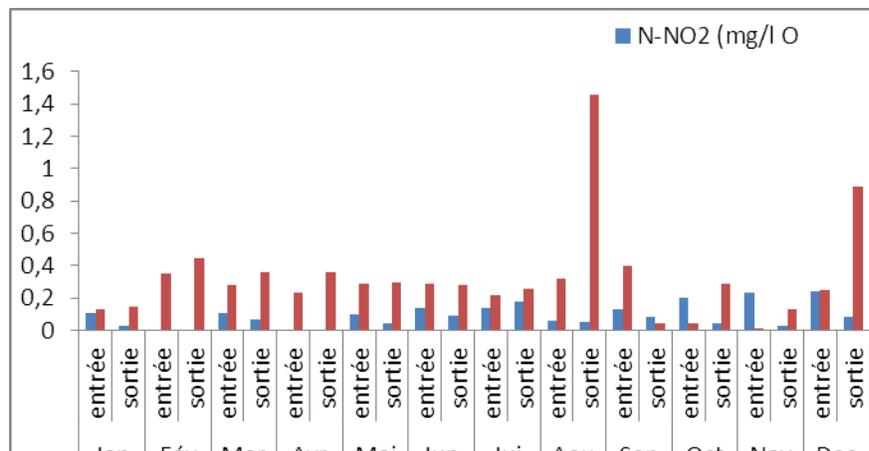


Figure 25: Variation de la N-NO₂ des eaux brutes et épurée pour les deux STEP

Le taux des Nitrites pour la STEP de Ouargla, des eaux brutes, variées de 0.06 (Aout) à 0.24 mg/l (Décembre) et pour les eaux épurées, ils sont de l'ordre de 0.03 (Janvier) à 0.18 mg/l (Juillet). Par contre, au niveau de la STEP de Ghardaïa, pour les eaux brutes, ils variés de 0.01 (novembre) à 0.40 mg/l (Septembre) et pour les eaux épurées, ils sont de 0.04 (Septembre) à 1.46 mg/l (Aout).

Ces résultats montrent que ce paramètre ne dépasse pas les valeurs limites des paramètres des rejets pour les deux STEP.

1.8. Variation des Nitrates (N-NO₃)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 26).

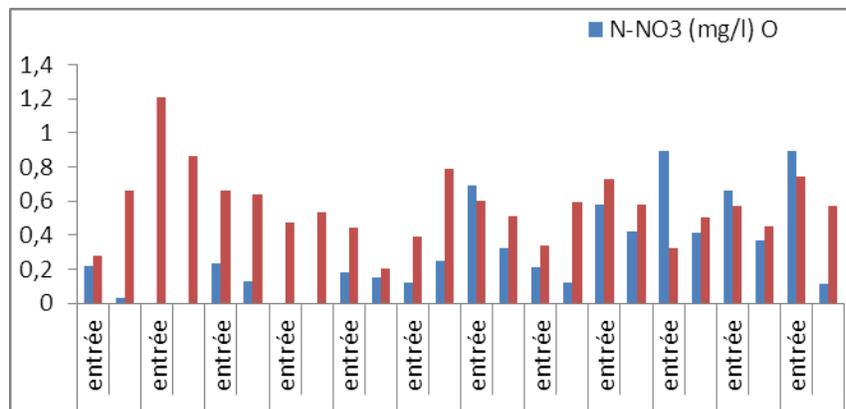


Figure 26 : Variation de la N-NO₃ des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La quantité des Nitrates pour la STEP de Ouargla, des eaux brutes, variée de 0.11mg/l, au Mois de Juin à 0.89 mg/l au Mois de Décembre et pour les eaux épurées, elle est de 0.03 mg/l au Mois de Janvier à 0.42 mg/l au Mois de Septembre. Par contre, les quantités pour la STEP de Ghardaïa des eaux brutes, sont de l'ordre de 0.28 mg/l au Mois de Janvier à 1.21 mg/l au Mois de Février et pour les eaux épurées, variées de 0.20 mg/l au Mois de Mai à 0.86 mg/l au Mois de Février.

Ces résultats montrent que ce paramètre, pour les deux STEP, sont conformes aux normes.

Les quantités des N-NO₃ et des N-NO₂ sont aux normes et indiquent une parfaite dégradation de la matière organique par les bactéries. La présence parfois des algues à la sortie est en relation avec les quantités de boues décantées au fond des bassins d'épurations. Une fois ces quantités vont être diminués, la sursaturation des eaux par ces derniers sera éviter (moins d'algues à la sortie).

D'une façon générale , selon les résultats des analyses d' eaux épurées de la STEP d' Ouargla, elle montre un bon fonctionnement des bassins d' épuration dont l' activité bactérienne est importantes et donc une dégradation importante de la matière organique avec un rendement parfait.

1.9. Variation des Phosphates (PO₄³⁻)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 27).

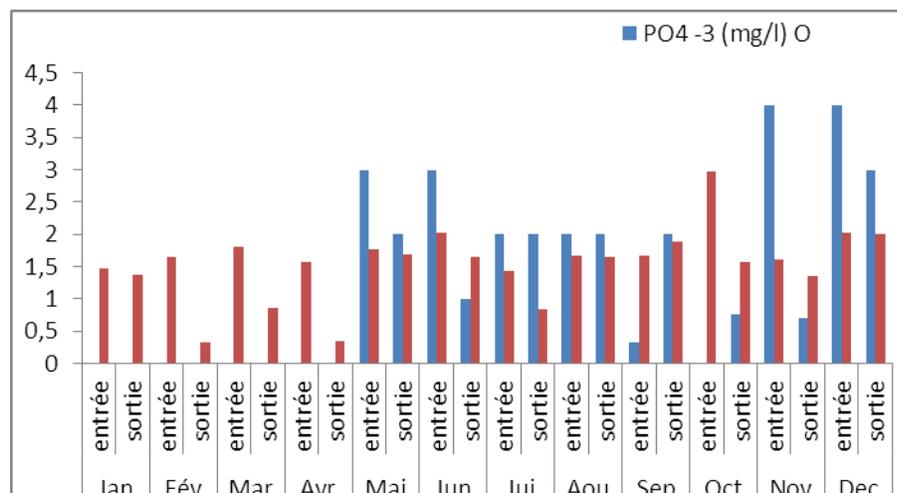


Figure 27 : Variation de la PO₄³⁻ des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

L'analyse des Phosphates, pour la STEP de Ouargla, a donné, pour les eaux brutes, des teneurs varient de 0.33 (Septembre) à 4 mg/l au Mois de (Décembre) et pour les eaux épurées, des teneurs de l'ordre de 0.7 (Novembre) à 3 mg/l (Décembre). Par contre, Les quantités des PO₄³⁻ de la STEP de Ghardaïa, pour les eaux brutes, variées de 1.44 mg/l, au Mois de Juillet à 2.98 mg/l au Mois d'Octobre et pour les eaux épurées, elle est de 0.33 mg/l au Mois de Février à 2.01 mg/l au Mois de Décembre.

Ces résultats indiquent que les teneurs en phosphates pour les eaux brutes ou épurées des deux STEP ne dépassent pas les normes prescrites des paramètres des rejets

1.10. Variation du Phosphore Total (PT)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 28).

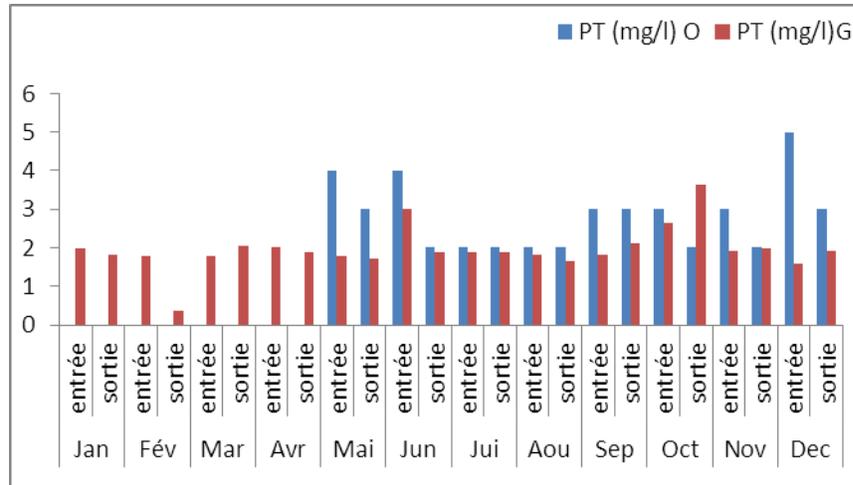


Figure 28 : Variation de la PT des eaux brutes et épurée pour les deux STEP

Le Phosphore Total dosé au niveau de la STEP de Ouargla, pour les eaux brutes, a donné des valeurs variant de 2 (Aout) à 5mg/l (Décembre) et pour les eaux épurées, des valeurs de 2 (Aout) à 3 mg/l (Décembre). Par contre, pour la STEP de Ghardaïa, les valeurs des eaux brutes, sont de l'ordre de 1.59 (Décembre) à 2.66 mg/l (Octobre) et pour les eaux épurées, ils varient de 0.35 (Février) à 3.64 mg/l (Octobre).

Ces résultats indiquent que les teneurs en phosphates pour les eaux brutes ou épurées des deux STEP ne dépassent pas les normes prescrites des paramètres des rejets

1.11. Variation de l'oxygène dissous (O₂)

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 29).

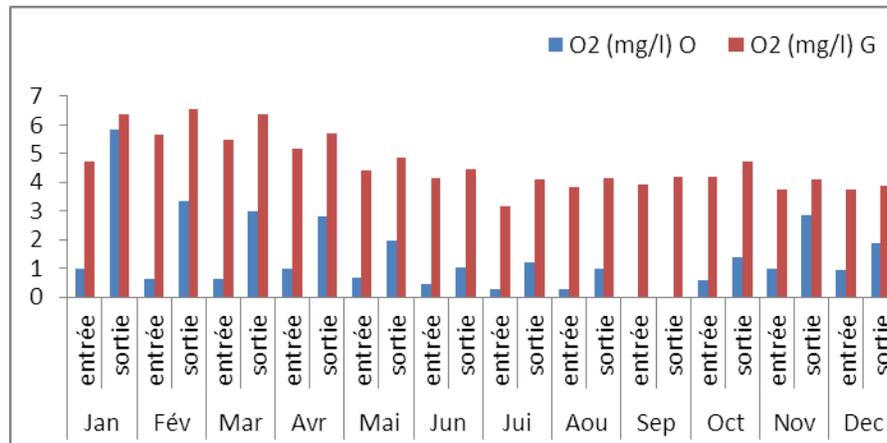


Figure 29 : Variation de l'O₂ des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La teneur en oxygène dissous mesuré dans la STEP de Saïd Otba -Ouargla, pour les eaux brutes, variée de 0.26 (Aout) à 1 mg/l au (Novembre) et pour les eaux épurées, elle est de l'ordre de 7.85 mg/l) à (Aout et Janvier).

Par contre, cette teneur mesurée dans la STEP de Kaf Dokhan -Ghardaïa, pour les eaux brutes, variée de 3.15 (Juillet) à 5.68 mg/l (Février) et pour les eaux épurées, elle est de l'ordre de 4.11 mg/l (Novembre) à 6.54 mg/l (Février).

Ces résultats témoignent d'une augmentation des valeurs moyennes des concentrations en oxygène des eaux traitées par rapport aux eaux brutes dans les deux stations.

Cette augmentation peut être due à l'action photosynthétique des algues dans les bassins d'aération et aux activités bactériennes en relation avec les bactéries auto- trophes qui consomment l'oxygène directement a partir de l'air. Cette valeur de moyenne de l' O₂ dissous des eaux traitées est conforme avec les normes de rejets de l'OMS (O₂ dissous = 5 mg/l), ce qui contribue à l'efficacité du traitement.

1.12. Variation de la salinité (Sal) des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulés dans le tableau et sont interpolés dans l'histogramme ci-après (Figure 30).

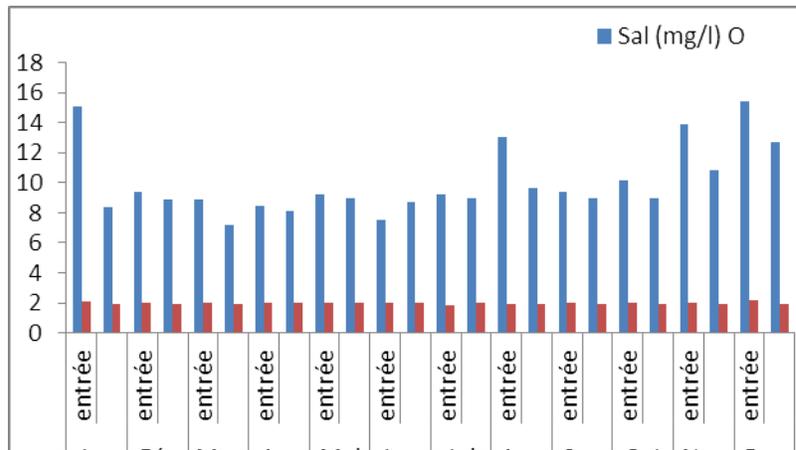


Figure 30: Variation de la salinité (Sal) des eaux brutes et épurées pour les deux STEP

La mesure de la Salinité dans les eaux brutes de la STEP de Ouargla, a donné des valeurs qui varient de 7.5 (Juin) à 15.42 (Décembre) et pour les eaux épurées, elle donne des valeurs qui oscillent entre 7.18 (Février) à 12.7 mg/l (Décembre).

Par contre, les valeurs de ce paramètre de la STEP de Ghardaïa, pour les eaux brutes, les valeurs sont de l'ordre de 1.87 (Juillet) à 2.16 mg/l (Décembre) et pour les eaux épurées, elles varient de 1.89 (Janvier) à 2 mg/l (Juin).

Ces résultats indiquent que ces teneurs en salinité pour les eaux brutes ou épurées des deux STEP ne dépassent pas les normes prescrites des paramètres des rejets et ne causent aucune menace pour la qualité des eaux d'irrigations, l'environnement et les eaux souterraines.

2. Evaluation du rendement des deux stations d'épurations (STEP Kaf Dokhan et STEP de Saïd Otba)

Le rendement d'une station d'épuration est le rapport de la pollution éliminée par cette station sur la pollution reçue. Il définit les performances et la capacité d'épuration de la STEP.

Le rendement épuratoire sera :

$$R = ((P)_{ent} - (P)_{sort}) / (P)_{ent} \times 100$$

Avec : R : est le rendement pour un paramètre donné,

P_{ent} : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée,

P_{sort} : est le chiffre du même paramètre à la sortie.

2.1. Grille d'évaluation du rendement

La grille d'évaluation du rendement est repartie selon la classification suivante :

- Entre 0 et 30% : un faible rendement de la station d'étude.
- Entre 30 et 70% : un moyen rendement de la station d'étude.
- Entre 70 et 100 : un bon rendement de la station d'étude.

2.2. Comparaison des rendements mesurés entre les deux stations

L'estimation des rendements d'épuration permet d'apprécier les performances du traitement biologique selon les paramètres des (DCO, DBO, MES) qui définissent la pollution organique.

Les résultats obtenue du rendement sont calculés et représentés dans les histogrammes ci-dessous en comparant les données (Tableau 09) des deux stations de Kef Doukhan et Saïd Otba, respectivement on distingue :

Tableau 9 : Résultats des rendements de la station de Kef Doukhan et Saïd Otba

STEP de Kef Doukhan			STEP de Saïd Otba		
DBO ₅	DCO	MES	DBO ₅	DCO	MES
61 %	52 %	23 %	74 %	70 %	54 %

la station de Saïd-Outba En se référant à la grille de classification par rapport aux résultats obtenus des DBO et DCO (Figure 34), qui montrent un rendement entre 70-100 % de la dégradation sauf les MES dont les valeurs obtenus sont classées en moyen rendement

Cela nous permet de dire que ces eaux nécessitent encore une élimination de MES à la sortie de la station mais en générale ça ne diminue pas la qualité de dégradation de la station de Saïd Otba que l'on attribue à un bon rendement de fonctionnement.

Par contre la station de Kef Doukhan reste dans une situation critiques, en vue de la qualité des valeurs obtenus qui sont un peu loin de la classe de bon rendement dont l'intervalle des valeurs obtenus pour la DBO et la DCO de 30 à 70 %, jugée moyen et entre 0 à 30 % pour les MES jugée faibles (Figure 33).

Ces résultats attribuent un rendement de fonctionnement faible à moyen pour cette station. Elle nécessite une attention particulière afin de l'orienter vers les classes de bonne dégradation et améliorer son rendement par la résolution des problématiques liées à son fonctionnement général.

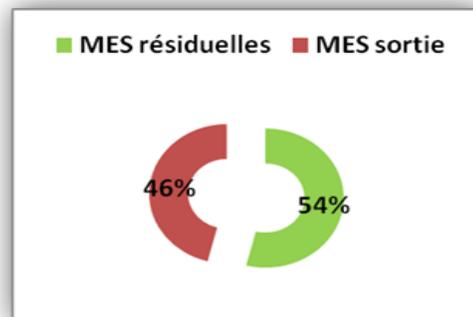
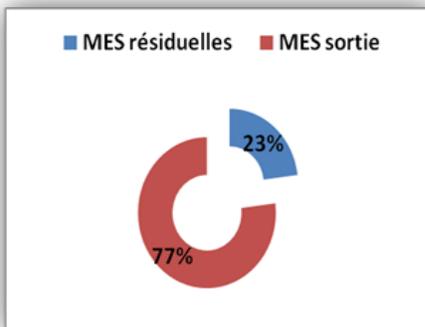
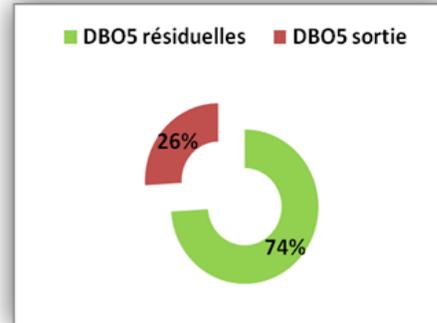
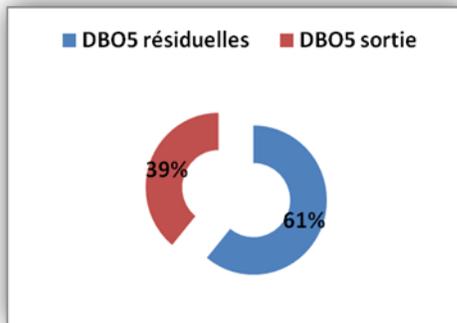
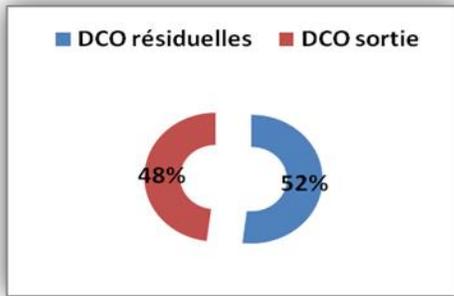


Figure 31 : Taux d'abattement de la STEP Kef Doukhan

Figure 32 : Taux d'abattement de la STEP de Said Otba

Conclusion

Conclusion

Un procédé performant est le fruit d'un dimensionnement convenable et d'un bon suivi durant toutes les phases de sa réalisation de l'étude jusqu'à la mise en service d'où il est nécessaire que le personnel chargé des études ou impliqué dans le suivi des projets de réalisation des systèmes de lagunage, maîtrise les étapes de calculs, les règles de la bonne réalisation.

Le système par lagunage naturel est d'une grande simplicité et de ce fait plusieurs risques disparaissent tels que les risques mécaniques ou les risques dus aux réactifs chimiques, néanmoins, il est toujours utile de rappeler que des dangers existent toujours et seul le respect strict des consignes de sécurité pourra empêcher ces risques de se produire.

L'objectif de notre travail été d'étudier comparativement la performance des stations d'épuration par lagunage naturel de Ghardaïa et Ouargla. Ainsi que l'identification de la qualité physicochimiques de ces eaux et la charge polluante en termes de matière organique d'une part et d'estimer le débit des eaux usées à évacue, D'autre part.

Le degré d'épuration dans les bassins de lagunage de I, II et III étages est évalué conventionnellement par la valeur de DBO totale résiduelle des eaux épurées. Les eaux usées qui ont subi une épuration biologique totale doivent avoir la valeur de DBO totale de l'ordre de quelques milligrammes par litre.

L'exploitation d'un système par lagunage est très simple mais très utile pour garantir un maximum de rendement, les recommandations que nous avons donné ne peuvent suffire il appartient donc à l'exploitant sur terrain, de faire des consignes qui peuvent être fructueuse

Après avoir examiné l'état du lieu et recenser toutes les données sur la région, nous avons étudiée la variante du système d'épuration par lagunage avec des bassins d'épuration à aération naturelle. Parmi les points que nous avons soulevés d'avantage sur le fonctionnement, la fiabilité et le rendement de nos stations d'épuration par lagunage, nous citerons :

- Une très bonne élimination des germes pathogènes en été.
- Une bonne élimination des nutriments : phosphore et azote.
- L'épuration s'adapte bien aux fortes variations de charge.
- Une bonne intégration paysagère.

- Les boues de curages sont bien stabilisées et facilitent l'épandage sur sol agricole.
- Une simplicité de fonctionnement puisqu'il consiste à faire circuler de l'eau à épurer lentement dans un ou plusieurs bassins, il s'accommode donc parfaitement d'un entretien simplifié (faible coût de fonctionnement).

Nous concevons que l'horizon de référence est l'an 2037, où le débit moyen journalier des eaux usées sera $5000 \text{ m}^3/\text{j}$ et DBO totale = 219 mg/l d'O_2 et que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit être autorisée par les services sanitaires et épidémiologiques et les organes de contrôle vétérinaire sur la base des analyses des laboratoires agrochimiques et hydrochimiques.

Références

Bibliographiques

Références bibliographique

Abibsi N, Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra. mémoire de Magister, Université Mohamed Khider – Biskra , Année 2011.

AERM procède d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin Meuse juillet 2007. Fiche n7

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), (1996). Étude de faisabilité du lagunage sur les hauts plateaux. 13p.

Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), (2005). Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ouargla, (Algérie), 23p.

Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), 2011. Ministère des ressources en eau, agence nationale des ressources hydrauliques direction regionale Sud – Ouargla.

Bachi O., 2010. Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de Temacine. Mémoire de Magister, Université d'Ouargla, 11p.

Bakkiri Z., 2007. Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : Expérimentation et modélisation. Mémoire Magister, Université Ferhat ABBAS- Setif, 17-20p.

Baritse L., 1989. L'assainissement de la Lagune de Lomé : un problème permanent. *Geo-Eco-Trop*, 13(1) : pp. 65-72.

Baudot B. Prudencio P, Guide A., 2001. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités(500-5000 eq-hab) Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Office International de l'Eau.

Belbachir S. Habbedin S., 2017. Etude de système d'épuration des eaux usée de la localité de Nadroma et Ghazaouat,

Benziane F.Z., Impact sur l'écosystème de la région d'Oued Mimoun des eaux usée urbain.....

Edition Lavoisier, 225p.

Bouchenak K. et Racha M., 2015. Comparaison qualitative entre filtration sur sable et filtration sur charbon actif 'application aux eaux usées épurées de la STEP de Ain El Houtz. Mémoire de Master, Université de Tlemcen,

Bouhanna A., 2013. Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie Saharienne. Mémoire magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla, P 6-9.

BENHDID H. et HARROUZ N., 2011.- Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla). Mémoire Ing, Université Ouargla, 124 p.

Bernard BAUDOT ET Prudencio PERERA ,GUIDE, 2001. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités(500-5000 eq-hab) Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Office International de l'Eau.

Cardot C., 1999. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Edition Ellipses, Paris, 247p.

Castany G., 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. Bulletin du BRGM, 3(2) : pp 127-147.

Catherine B. Alain H. Jean M., 2009. Rapport final, Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT).

Degrémont, 1978. Mémento technique de l'eau. 8^{ème} Edition, Edition Technique et Documentation, Lavoisier, 1200p.

Degrémont, 1989. Mémento technique de l'eau. 9^{ème} Edition, Edition Technique et Documentation. Lavoisier, 592p.

Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT) 2012, Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. 197p

Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires (DPSB), 2020. Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa.

Dubakeur A., 1990. L'eau problème de santé publique. Technique et Sciences, 2, pp 14-16.

DEVAUX I, 1999. Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse « Sciences de la Vie et de la Santé », Univ. Joseph Fourier, Grenoble, 257p.

Faby J.A. et Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office

Faci M. Babahani S. Senoussi A., 2017. Diagnostic des pratiques culturales dans l'agrosystème phœnicicole (Cas de la région d'Ouargla). Journal Algérien des Régions Arides (JARA), 14, pp 10-24.

Gaid A., 1984. Épuration biologique des eaux usées urbaines. Edition OPU, Tom 1, Alger, 261p.

Hammadi B., 2017. Lagunage aere en zone aride performances épuratoires, paramètres influents ; Cas de la Région de Ouargla. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla,

Hakima El Haité, 2010. : Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation-These Doctorat-Ecole Nationale Supérieure des mines- SAINTETIENNE-12 Avril 2010-P[44-46-47-51]

Jora ., 2010. Décret exécutif n° 10-23 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les caractéristiques techniques du système d'épuration des eaux usées, Art. 2 et 5.

Khacheba R. Hartani T., 2017. Etude de l'application d'un traitement tertiaire complémentaire sur les eaux usées épurées de lagunage aéré d'Ouargla en vue de réutilisation agricole en milieu aride. SAGREN ; 1(1), pp7.

Kouzmine Y., 2003. L'espace saharien algérien, dynamiques démographiques et migratoires. Maîtrise de Géographie, Université de Franche-Comté. U.F.R Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société, Institut de Géographie, Laboratoire THEMA, 208 p.

Laabassi A., 2016. L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif, pp 5-63.

Labadi K. et Moukar, M., 2010. Etude des performances de la station de traitement des eaux usées urbaines par lagunage de la ville d'Ouargla. Mémoire Ingénieur, Université de Ouargla. 29p.

Ladjal F., 2006. Exploitation d'une station a boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement CFMA, Boumerdes, 80P

Mamodou L.N., 2010. Impact deseaux usées sur la chimie et la microbiologiedes sols- Etude du cas à pikine (Dakar-Sénégal). Edition européenne.

Legube B., (1996). « Le traitement des eaux superficielle pour la production d'eau potable», agence de l'eau loir -Bretagne

Metahri M. S., 2012. Elimination 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. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pp 5-27.

Mimeche L., 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. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra,

Mizi A., 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba.

Nader A., 2014. Eaux épurées de la cuvette d'Ouargla Gestion et risques environnementaux. Mémoire Magistère, Université Kasdi Merbah, Ouargla, pp 31-32

Nesson C., 1978. Evolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien" In Recherches sur l'Algérie. Mémoires et documents du CNRS, 17 : pp 7-91.

Nezli I.E. Achour S. Djabri L., 2007. Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'oued M'Ya (Ouargla). Larhyss, 6 : pp121- 134.

Nezli I.E., 2009. Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la cuvette de Ouargla (Sud-Est algérien). Séminaire international sur la protection des écosystèmes sahariens « IECO-SYS09 », Ouargla du 13, 14 et 15 décembre 2009,

Office National d'Assainissement (ONA), 2009. Projet de la remontée des eaux de la nappe de la vallée d'Ouargla.

Office National d'Assainissement (ONA), 2018. Donnée de la station Kef Dokhan Ghardaïa office nationale d'assainissement.

Office National d'Assainissement (ONA), 2018. Rapport de STEEP de Kef dokhan Ghardaia, 13p.

Office National de Météorologie (ONM), 2019. Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (2019).

Office National de Météorologie (ONM), 2020. Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique de Ghardaïa.

Ozenda P., 1991. Flore du Sahara. 2^{ème} Edition, Edition CNRS, Paris. 622p.

Rahmani A., 2015. Epuration des eaux usées de la région de N'Goussa Ouargla par les végétaux performance épuratoire.

Resjeck F., 2002. Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Edition SCERENE.

Rodier J., 2009. « (L'analyse de l'eau ». 9^{ème} Edition Dunod, Paris,

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaire eaux de mer ,8ème Edition Dunod technique, Paris.

Saggai M.M., 2004. Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mémoire Magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla p 5-45.

Salhi A., 2017. Transformations spatiales et dynamiques socio-environnementales de l'oasis de Ouargla (Sahara algérien). Une analyse des perspectives de développement. Thèse Doctorat, Université A XI, Marseille, France.

Schrivier-Mazzouli L., 2012. La gestion durable de l'eau, Ressources, Qualité- Organisation. Edition Dunod, Paris, pp 107-128.

Yao A., 2006. Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Camberene (Dakar), Université Cheikhanta Diop de Dakar.

Zeghoud M., 2014. Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire de Master, Université d'EIL Oued.

Annexes

Annexe

Matériel utilisé



Conductimètre



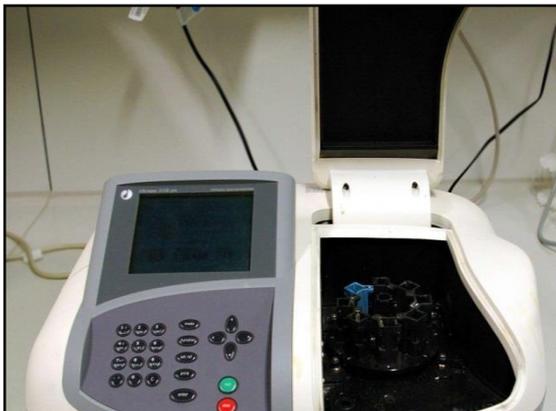
pH-mètre

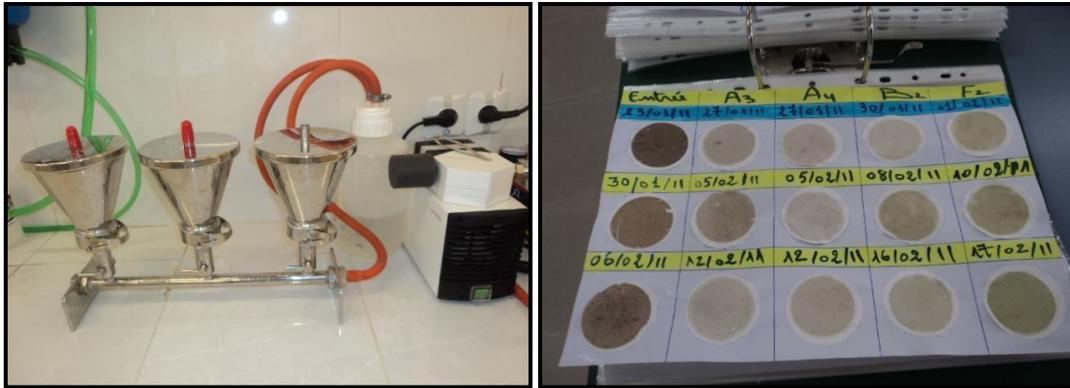


Oxymètre

Pompe à vide

Matière en suspension





Spectrophotomètre et Réactifs



DBO-Mètre

Tableau: normes de rejets de l'OMS et algériennes.

OMS		Algériennes	
Paramètre	Normes	Paramètre	Normes
pH	6,5 à 8,5	pH	6,5 à 8,5
DBO ₅	< 30 mg/L	DBO ₅	≤ 30 mg/L
DCO	< 90 mg/L	DCO	≥ 90 mg/l
MES	< 20 mg/L	MES	≤ 30 mg/1
NH ₄ ⁺	< 0.5 mg/L	NH ₄ ⁺	≥ 20 mg/1
NO ₂ ⁻	< 1 mg/L	NO ₂ ⁻	≥1 mg/1
NO ₃	< 1 mg/L	NO ₃ ⁻	1 mg/L
P ₂ O ₅	< 2 mg/L	PO ₄ ⁻³	2 mg/L
		O ₂	5 mg/L
		Azote total	≥ 50 mg/1
		T°	30°C