

**UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention d'un**

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

Présenté par :

Mm. CHEKIREB Imane
Mr. KORICHE Abdenour

Thème

Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologique des eaux usées traitées de la STEP Ouargla

Soutenu publiquement le :
07/07/2019

Devant le jury :

IDDER Tahar	Professeur	Président	U.K.M.Ouargla
SAGGAI Mohamed Mounir	MAA	Encadreur	U.K.M.Ouargla
MANAMANI Radia	MAA	Examinatrice	U.K.M.Ouargla

Année universitaire: 2018/2019

Dédicaces

*A la mémoire de ma chers et tendre grand- mère et ma cousine
Insaf qui nous à quittée trop tôt*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, à ma
maman, qui est pour moi ici bas l'incarnation de l'amour, du pardon,
de la tendresse et du courage... Mon vœu le plus cher est que tu
trouves dans ce mémoire l'accomplissement de tous tes rêves, de tes
sacrifices et de tes prières....*

*A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue et encourager
inconditionnellement tout au long de ce projet ; mon adorable époux
Nadji merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton amour
dévoué et ta tendresse*

A ma petite princesse, la prune de mes yeux Baylassene

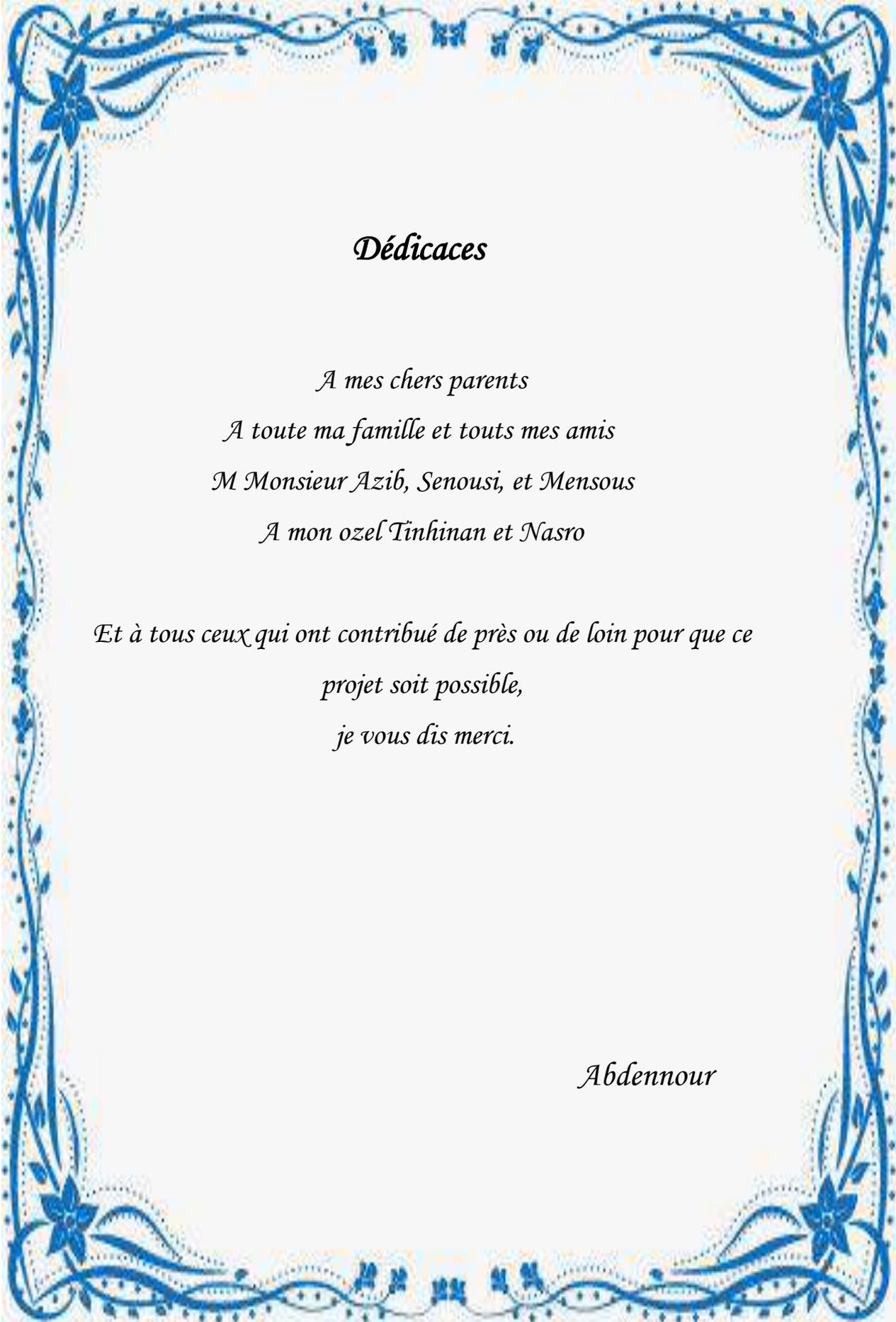
A toi papa, mon frère Moncef et ma tendre sœur Rym

*A mon beau père Ahmed pour son soutien et ses encouragements, sans
oublier ma belle mère et mes belles sœurs*

A vous mes amies Khadija et Samia pour votre entraide et solidarité

*Je dédie ce modeste travail, signe de reconnaissance et de sentiments
partagés. Je vous dis tous, mille merci de m'avoir
donné le courage d'aller jusqu'au bout.....*

Imene



Dédicaces

A mes chers parents

A toute ma famille et tous mes amis

M Monsieur Azib, Senousi, et Mensous

A mon ozel Tinhinan et Nasro

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
projet soit possible,
je vous dis merci.*

Abdenmour

Remerciements

En premier Lieu, nous remercions le bon Dieu miséricordieux qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur M. SAGGAI Mohamed Mounir, pour l'honneur qu'il nous a fait en nous encadrant, pour sa gentillesse, son aide et le temps qu'il nous a consacré.

Nos remerciements vont également à MR BOURICHA de nous avoir consacré du temps, aider et orienter dans le domaine microbiologique

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous exprimons notre gratitude pour le membre de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

On tient à exprimer notre reconnaissance envers le personnel de la station d'épuration des eaux usées « Saïd Otba », particulièrement le chef de station Mr MEKHLLOUFI Smail pour son aide très précieuse le long de ce projet

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

Merci à toutes et à tous.

Tables des matières

Introduction générale	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.....	3
1- Définition des eaux usées.....	3
2- Origine des eaux usées.....	3
2.1- Eaux usées domestiques	3
2.2- Eaux usées industrielles.....	4
2.3- Eaux usées pluviales.....	4
2.4- Eaux usées agricoles.....	4
3- Caractérisation des eaux usées.....	5
3.1- Caractérisation physico-chimique.....	5
3.1.1- La température.....	5
3.1.2- Potentiel d'Hydrogène (pH)	5
3.1.3- Conductivité.....	5
3.1.4- Salinité.....	6
3.1.5- Oxygène dissous.....	6
3.1.6- Matières en suspension (MES)	7
3.1.7- Turbidité.....	7
3.1.8- Demande chimique en oxygène.....	7
3.1.9- Demande biochimie en oxygène.....	7
3.1.10- Matières Azotées.....	8
3.1.11- Matières Phosphatées.....	8
3.2- Caractérisation bactériologique.....	9
3.2.1- Germes totaux.....	9
a) Coliformes totaux	9

b) Coliformes fécaux	10
3.2.2- Streptocoques fécaux.....	10
3.2.3- Salmonella.....	11
Chapitre II : Traitement des eaux usées.....	12
1- L'assainissement de l'antiquité à nos jours.....	12
2- L'épuration des eaux usées en Algérie.....	12
3- Les procédés de traitement des eaux usées.....	13
3.1- Les systèmes intensifs.....	13
a) Le système de lit bactérien.....	13
b) Le système de boue activée.....	14
c) Le système des disques biologiques	15
3.2- Les systèmes extensifs.....	16
a) Le lagunage	16
b) Le lagunage à macrophytes.....	16
c) Le lagunage à microphytes.....	17
4- Impacte sanitaire et environnementaux des eaux usées	18
4.1- Risques sanitaires.....	18
4.2- Impact environnemental.....	18
5- Traitement et réutilisation des eaux usées.....	19
6- Normes de rejet.....	21

Matériel et Méthodes

1- Présentation de la zone d'étude.....	22
1.1- Situation géographique.....	22
1.2- Population.....	23
1.3- Climatologie.....	23
a) Température.....	23
b) La pluviométrie.....	24
c) Les vents.....	25

d) Evaporation.....	25
1.4- Synthèse climatique	25
a) Diagramme ombrethermique de GAUSSENE et BAGNOULS.....	26
b) Climagramme d'EMBERGER	27
2- Description de la station de traitement des eaux usées.....	28
2.1- Prétraitement.....	29
2.2- Ouvrage de répartition.....	30
2.3- Traitement biologique des eaux usées par lagunage aéré.....	30
2.4- Evacuation des boues.....	31
3- Prélèvement et suivi des paramètres.....	33
3.1- Echantillonnage.....	33
3.2- Transport des échantillons.....	34
3.3- Analyses physicochimiques.....	34
3.3.1- Potentiel d'Hydrogène (pH)	34
3.3.2- Conductivité électrique. Salinité et température.....	35
3.3.3- L'oxygène dissous.....	36
3.3.4- Les matières en suspension (MES)	36
3.3.5- La demande chimique en oxygène (DCO)	37
3.3.6- La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	38
3.4- Analyse des paramètres bactériologiques.....	38
3.4.1- Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	39
3.4.2-Dénombrement des streptocoques fécaux.....	41
3.4.3- Dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteurs.....	41
3.4.4- Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	44
3.4.4- Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale.....	44
Résultats et discussion	
1- Résultats des analyses physicochimiques.....	45
1.1- Le potentiel d'Hydrogène (pH)	45

1.2- La température	46
1.3- La conductivité électrique et salinité.....	47
1.4- L'Oxygène dissous.....	49
1.5- Les matières en suspension (MES)	49
1.6- Demande chimique en oxygène (DCO).....	51
1.7- Demande biochimie en oxygène (DBO ₅).....	51
1.8- Coefficient de biodégradabilité.....	53
2- Résultats des analyses bactériologiques.....	53
3- Evaluation de la qualité des eaux traitées de la STEP.....	57
3- Possibilité de réutilisation des eaux usées épurées.....	58
4- Impact sur le milieu récepteur.....	60
Conclusion générale.....	62

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 1 : Avantages, inconvénients et risques liés à la réutilisation des eaux usées.....	20
Tableau 2 : Normes de rejets de l’OMS appliquée en Algérie	21
Tableau 3 : Valeurs moyennes des paramètres climatologiques étudiés (2007-2018)	23
Tableau 4 : Intervalles de mesure de la DBO ₅	38
Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques	53
Tableau 6 : Grille de classification des eaux épurées de la STEP Saïd Otba	57
Tableau 7 : niveau de qualité d’eaux usées, en vue de leur réutilisation, en fonction de la teneur en œufs d’helminthes et des coliformes thermotolérants.....	59
Tableau 8 : Classes de qualité de salure de l’eau d’irrigation (Faby, 1997)	60

Liste des figures

Figure n° 1 : Schéma explicatif du système lit bactérien.....	13
Figure n° 2 : Schéma de fonctionnement d'un traitement par boues activées.....	15
Figure n° 3 : Schéma explicatif du système disque biologique	16
Figure n° 4 : Schéma de principe et les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel	17
Figure n° 5 : Localisation géographique de la ville de Ouargla	22
Figure n° 6 : Moyenne de températures minimales, maximale et moyennes à Ouargla (calculées sur 12 ans)	24
Figure n° 7 : Variation interannuelle de la pluviométrie à Ouargla de 2007 à 2018	24
Figure n° 8 : Moyenne de la vitesse des vents à vents à Ouargla de 2007 à 2018	25
Figure n° 9 : Moyennes de l'évaporation à Ouargla de 2007 à 2018	26
Figure n° 10 : Diagramme ombrothermique de la région de Ouargla (2007-2018)	26
Figure n° 11 : Situation de la région de Ouargla sur le climagramme d'Emberger	27
Figure n° 12 : Station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla	28
Figure n° 13 : Etapes de traitement des eaux usées au niveau de la STEP Ouargla	32
Figure n° 14 : Mesure du pH	35
Figure n° 15 : Mesure de la conductivité, salinité et température	35
Figure n° 16 : Système de filtration avec pompe à vide et balance analytique	36
Figure n° 17 : Appareil de mesure de la DCO	37
Figure n° 18 : Organigramme de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'EUB.....	40
Figure n° 19 : Organigramme de la recherche et dénombrement des <i>streptocoques</i> fécaux dans l'EUB.....	42
Figure n° 20 : Organigramme de la recherche et dénombrement des spores de <i>clostridium sulfito-réducteurs</i> dans l'EUB.....	43

Figure n° 21 : Variation mensuel du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	45
Figure n° 22 : Variation mensuel de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.	46
Figure n° 23 : Variation mensuel de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	47
Figure n° 24 : Variation mensuel de la salinité à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	48
Figure n° 25 : Variation mensuel de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	49
Figure n° 26 : Variation mensuel des matières en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	50
Figure n° 27 : Variation mensuel de la demande chimique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	51
Figure n° 28 : Variation mensuel de la demande biochimique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	52
Figure n° 29 : Variation de la concentration moyenne des <i>coliformes totaux</i>	54
Figure n° 30 : Variation de la concentration moyenne des <i>coliformes fécaux</i>	54
Figure n° 31 : Variation moyenne de la teneur en <i>Mésophile aérobie totale</i>	56
Figure n° 32 : Variation moyenne de la teneur en spores de <i>staphylocoques</i>	56
Figure n° 33 : Variation de la teneur moyenne des levures et moisissures.....	56

Liste des abréviations

CDC :	Center for disease control
ONA :	Office National de l'assainissement
OMS :	Organisation mondiale de la santé
STEP :	Station d'épuration des eaux usées
EUB :	Eau usée brute
EUE :	Eau usée épurée
ISO :	International standardisation organization
CS-R	Clostridium sulfite-réducteur
NPP :	Nombre le plus probable
SM :	Solution mère
F.M.T.A :	Flore mésophile aérobie totale
BCPL :	Bouillon lactosé bilié pourpe de brocrésol



Introduction générale

Les ressources en eau constituent un facteur de premier degré dans l'aménagement du territoire. Elles contribuent inéluctablement à la structuration de l'armature urbaine. Une disponibilité de la ressource est source de concentration des populations et des activités économiques. Son utilité et sa place dans tous les secteurs la mettent au centre d'enjeux considérables. Elle est le socle de toute politique qui vise l'autosuffisance alimentaire par la promotion d'une agriculture irriguée et efficiente ou pour l'industrialisation des pays (**EL BATTIUI, 2008**). Cependant, la raréfaction des ressources en eau a engendré des conflits entre usages et usagers (domestiques, agricoles et industriels).

L'Algérie se situe, à l'instar des **17** pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à **1000 m³** par habitant et par an. Si en **1962**, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de **1500 m³**, elle n'était plus que de **720 m³** en **1990**, **680 m³** en **1995**, **630 m³** en **1998**, elle ne sera que de **430 m³** en **2020**. La disponibilité en eau potable en Algérie en m³/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des **400 m³ /ha** (**PNUD, 2009**).

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs.

Pour pallier aux déficits régionaux en eaux conventionnelles et équilibrer le bilan hydrique, l'Algérie s'est engagé dans la mobilisation et la valorisation des eaux non conventionnelles. Face à l'insuffisance des ressources conventionnelles (eaux souterraines et superficielles) par rapport aux besoins, le recours aux eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer et le recyclage des eaux usées, s'avérait une nécessité incontournable. C'est même l'un des objectifs de la gestion intégrée des ressources en eau afin d'assurer une sécurité en matière de disponibilité de l'eau face à la rareté de la ressource devant un phénomène de changement climatique. Elle se fait par le dessalement de l'eau de mer, la déminéralisation des eaux saumâtres du sud et la réutilisation des eaux usées épurées (**SOUAK, 2009**).

D'après un rapport publié par l'Office Nationale de l'Assainissement (**ONA**) en **2019**, l'Algérie compte **153** stations d'épuration qui produisent un volume dépassant les **21** millions de mètre cubes par mois d'eaux usées épurées avec un taux de réutilisation des eaux usées épurées de **5%** durant le mois de Janvier **2019** (**ONA, 2019**).

La région de Ouargla a connu un grave problème d'excédent hydrique, causé par les rejets des eaux résiduaires et le rejet des eaux de drainage agricole qui ont augmenté le niveau piézométrique de la nappe phréatique. L'aménagement du réseau de drainage agricole et la réalisation des stations d'épuration (STEP Saïd Otba, Sidi khouiled et N'goussa) ont contribué de rabattre la nappe de la vallée (ONA, 2013).

Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menaçant la qualité de l'environnement dans son ensemble. Ces eaux usées ne peuvent pas être rejetées telles quelles d'où la nécessité de leur épuration (**VON SPERLING, 2007**).

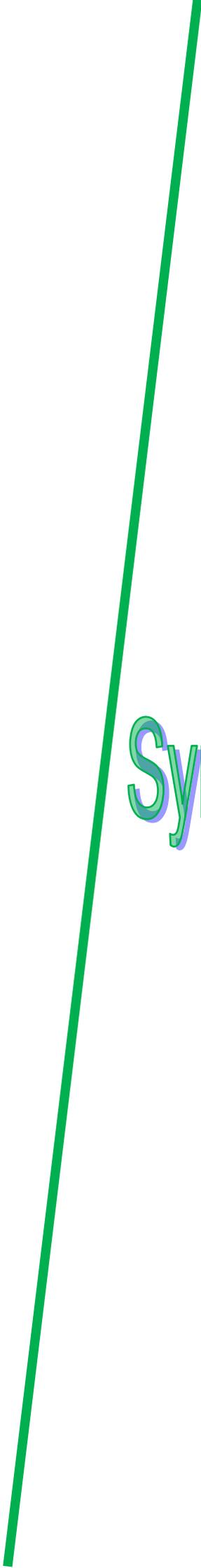
La construction de stations d'épuration s'avère très importante pour lutter contre la pollution, éviter les maladies à transmission hydrique et protéger le milieu récepteur, mais aussi, pour la préservation des ressources conventionnelles et une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées.

En vue d'étudier la performance et les impacts possibles de la station d'épuration des eaux usées (STEP), nous avons choisi de travailler dans ce projet de fin d'étude, sur la station d'épuration par lagunage aéré de la ville de Ouargla en Algérie.

Le travail que nous avons entrepris ici, se veut comme une contribution à l'analyse des eaux usées de la station d'épuration des eaux usées urbaines, en vue de leur revalorisation. Le travail a donc pour objectif :

- ✓ Contribuer à faire un suivi physicochimique et bactériologique du système de lagunage étudié afin d'en déduire la qualité de l'eau traitée et déterminer son efficacité.
- ✓ Vérifier la possibilité d'une éventuelle réutilisation des eaux usées traitées issus de la STEP notamment en agriculture.
- ✓ Prévoir les impacts possibles sur le milieu récepteur et sur l'agriculture en cas de réutilisation.

Ce mémoire est structuré en trois parties, la première présente une synthèse bibliographique qui englobe des généralités sur les eaux usées et le traitement des eaux usées. La deuxième partie matériel et méthodes, constitue une identification de la zone d'étude et la description de la station d'épuration Saïd Otba, et aussi une présentation sur le déroulé du prélèvement et le suivi des paramètres. La dernière partie est consacrée à la présentation des résultats, leurs interprétations et discussion.



Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

1- Définition des eaux usées :

La pollution de l'eau s'entend comme une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimique et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit. (METAHR, 2012). Une eau usée appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage (DJERMAKOYE, 2005). La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme : « La pollution est une modification généralement provoquée par l'homme dans la qualité de l'eau qui la rend impropre ou dangereuse à la consommation humaine, à l'industrie, à la pêche, aux loisirs, aux animaux domestiques et à la vie sauvage » (REFALO, 2007).

L'aspect des eaux résiduaires fraîches est celui d'un liquide brun gris avec une odeur typique, mais faible. Ces eaux se modifient d'autant plus vite que la température est élevée ; elles deviennent noires et dégagent une odeur d'œufs pourris, signe de la présence d'hydrogène sulfureux (DJERMAKOYE, 2005).

2- Origine de l'eau usée :

Les eaux usées résultent des sources principales suivantes :

- De la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité;
- Des activités humaines (qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles);
- Des ruissellements. Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer les eaux de ruissellement agricoles, urbaines et industrielles (BONTAUX J, 1994).

2.1- Eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques proviennent des eaux vannes (eaux des W.C) et des eaux ménagères (eaux de cuisines, de salles de bain et de buanderie) (EDELIN, 1996), qui sont généralement chargées de détergents, de graisse, de solvants, de débris organiques...etc. Elles sont souvent porteuses de pollution organique (HABIB & AI, 2007).

Lorsque les eaux usées domestiques sont mal gérées, elles polluent l'environnement et présentent des dangers pour la santé humaine (JACQUES KOUAKOU, 2008).

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 (ZEGHOUD, 2014). Ces eaux proviennent des différentes usines de fabrication ou de transformation. La qualité de ces eaux varie suivant le type d'industrie, elles peuvent être chargées en matières toxiques difficilement biodégradables qui nécessitent un traitement spécifique (BOUHREIRA, 2016).

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- Soit directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel. (ZEGHOUD, 2014).

2.3- Eaux usées pluviales :

Les eaux pluviales 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. Les eaux de pluie 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 AKPO, 2006)

2.4- Eaux usées agricoles :

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

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non surexploitation).
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) (CATHERINE & al 2008).

3- Caractérisation des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyse. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs, pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, (MEKHALIF, 2009)

3.1- Caractérisation physico-chimique :

Plusieurs paramètres physiques et/ou chimiques mesurables utilisés pour déterminer la qualité de l'eau dont les principaux sont :

3.1.1- La température :

La température est un facteur important du milieu, elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) (EDDABRA, 2011).

De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur le milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. Il est important de connaître la température de l'eau avec précision (RODIER & al, 1996).

La température des eaux usées varie généralement entre **10** et **25** °C. Les processus épuratoires se réalisant en anaérobie sont plus fortement influencés par les variations de température que les processus se réalisant en aérobie.

3.1.2- Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH des eaux usées domestiques, est compris entre **6,5** et **8,0**. Il joue un rôle capital dans la croissance des micro-organismes qui ont un pH optimum variant entre **6,5** et **7,5**. Les valeurs inférieures à **5** ou supérieures à **9** affectent la viabilité et la croissance des micro-organismes. Les substances qui modifient le pH peuvent rendre inefficace le traitement des eaux usées (RADOUX, 1995)

3.1.3- Conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm² et distantes l'une de l'autre de 1 cm (RODIER, 1997).

La conductivité (en µS/cm) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi

que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre (**MBEUKAM, 2013 & SARI, 2014**).

La conductivité augmente avec la quantité de sels dissous et est fonction de la température. Elle est exprimée en Siemens / cm (**GOMELLA & al. 1983**)

3.1.4- La salinité:

La salinité, résultat de l'interaction entre le climat, les matériaux du sol (nature, texture, structure) et l'eau dans le sol (nature, dynamique) intéresse des superficies très importantes. (**DOSSO, 1980**). La salinité d'une eau, ou teneur en matière solubles, peut s'exprimer facilement par sa conductivité électrique à **25** degrés Celsius (**CE 25 °C**). En effet, il existe une relation simple liant la conductivité d'une solution à sa teneur en cations ou en anions exprimés en milliéquivalents (mé) : **CE (à 25°C) : 100 x C**

C : représente la teneur en milliéquivalents par litre, positives ou négatives, de la solution. Cette relation est valable pour les solutions diluées des électrolytes forts, mais le transport d'électricité se faisant par les ions, elle devient rapidement approchée puis fautive quand la concentration augmente, elle dépend alors du degré de dissociation des sels dissous, donc de leur nature. (**DURAND, 1983**),

La salinité est une mesure de la concentration des minéraux dissous dans l'eau. La salinité (**S ‰**) est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composés solides séchés à poids constant (**RODIER, 1996**),

3.1.5- Oxygène dissous :

L'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/L ou en pourcentage de saturation. Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement **10** mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de **2** à **8** mg/l (**LADJEL, 2006**).

3.1.6- Matières en suspension (M.E.S) :

Particules constitutives d'une eau usée, séparée par filtration ou centrifugation et séchage à **105° C (DUCHENE, 2002)**. Leurs valeurs dans les eaux résiduaires sont comprises entre **150 et 400 mg/l (MEOT & ALAMY, 1990)**

La teneur et la composition des matières en suspension sont très variables selon l'origine de l'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des rejets, ... La concentration peut varier de plusieurs grammes par litre (rivière en crue, par exemple) à moins d'**1 mg/l** dans certaines nappes souterraines (**SAVARY, 2003**).

3.1.7- La turbidité :

Elle représente l'opacité d'un milieu trouble. 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. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (**REJESK, 2002**).

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à **5 NTU (JEAN-CLAUDE, 1983)**.

3.1.8- Demande Chimique en Oxygène :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le dichromate de potassium (**BRENDA, 2008**).

Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (**DUTRIEUX, 2005**) et dont les valeurs guides françaises sont comprises entre **300 et 1000 mg/l (LADJEL, 2006)**.

On a toujours un **DCO > DBO** car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables (**MOUMOUNI et DJERMAKOYE, 2005**).

3.1.9 - Demande Biochimique en Oxygène :

L'oxydation complète des matières organiques nécessite de **21 à 28** jours, mais la mesure de la **DBO** est limitée à **5** jours (**DBO5**), car au-delà, débute le processus aérobie de nitrification (oxydation des matières azotées). La **DBO5** des eaux urbaines est comprise entre

100 et 400 mg/l (MEOT & ALAMY, 1990). Elle est exprimée en mg/l d'oxygène (**RADOUX, 1995**).

La demande biochimique en oxygène en cinq jours (**DBO₅**) est le paramètre le plus largement employé ; il sert à mesurer la quantité d'oxygène dissous utilisé par les micro-organismes pour décomposer pendant cette période les matières organiques biodégradables par oxydation biologique (**STELLMAN, 2000**).

Les deux paramètres (**DBO₅** et **DCO**) sont également très utilisés pour comparer la charge polluante des effluents d'entrée et de sortie d'une station d'épuration. Cela permet de calculer le pourcentage de rendement de la station en ce qui concerne l'abattement de la pollution organique (**CPEPESC, 2007**).

Le rapport **DBO₅/DCO** indique la biodégradabilité de l'eau. Si ce rapport est supérieur à **0.5** (rapport d'une eau usée domestique), la pollution est largement biodégradable. S'il est inférieur elle ne l'est pas (**CHEKIREB & TERKI, 2009**).

3.1.10- Matières Azotées :

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (**NTK**) généralement compris entre **30 et 80 mg/l**, les nitrates (**NO₃**) et les nitrites (**NO₂**). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel (**DERONZIER & al, 2001**).

3.1.11- Matières Phosphatées:

Le phosphore contenu dans les eaux usées apparaît surtout sous forme d'orthophosphates solubles lié à l'utilisation de molécules organiques ou contenues dans les matières en suspension. Il provient en majorité de la dégradation de la matière organique ou de l'hydrolyse des poly-phosphates utilisés dans le traitement des eaux ou comme adjuvants actifs dans les détergents. Sa présence dans l'eau peut également être liée à l'utilisation d'engrais. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination (**KHAMIS, 2015**).

Le phosphore total quand à lui est compris entre **7 et 20 mg/l** dans une eau résiduaire urbaine (**MEOT & ALAMY, 1990**).

3.2- Caractérisation bactériologique :

Un grand nombre d'infections humaines d'origine hydrique sont causées par des micro-organismes qu'il s'agisse de virus, de bactéries ou encore de protozoaires. Ces micro-organismes sont soit naturellement présents dans les environnements aquatiques, soit transférés au sein de ces derniers *via* des sources d'origine fécale. Ils séjournent dans ces environnements pendant un temps plus ou moins long avant de contaminer un nouvel hôte.

Les environnements aquatiques sont soumis à une forte variabilité de leurs paramètres physicochimiques et abritent une vaste communauté microbienne plus ou moins adaptée à ces changements environnementaux (**JULIA BAUDART & NATHALIE PANIE, 2014**).

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes (**BELAID, 2010**).

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (**TOZE, 1999**).

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces organismes possèdent plusieurs caractéristiques telles que :

- La provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud.
- La résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes.
- Leur non prolifération anarchique dans la nature.
- La production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude.
- Leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes pathogènes.

En général, les germes utilisés sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (**MBEUKAM, 2013**).

3.2.1- Germes totaux :

Germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C (**MERABET S, 2011**).

a) Coliformes totaux :

Coliformes sont des bâtonnets, anaérobie facultatif, gram (-) non sporulant (**PNUE/OMS, 1977**). Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en **48 heures** à des températures de **35 à 37° C**.

Ils regroupent les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxell* (JOLY et REYNAUD., 2003). La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (RODIER et al, 1996).

b) Coliformes fécaux :

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes. (PNUE/OMS., 1977 ; RODIER J. et al., 1996 ; JOLY et REYNAUD, 2003). Leur concentration dans les eaux résiduaires varie entre 10⁸ et 10¹⁰ unité/l (WHO & al, 2006).

Les Coliformes fécaux thermo-tolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine (GAUJOUS D., 1995). Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires (PNUE/OMS., 1977).

Dans 100 ml d'eau résiduaire sont dénombrés le plus souvent de 10⁷ à 10⁸ coliformes totaux et 10⁶ à 10⁷ coliformes fécaux (LADJEL, 2006).

3.2.2- Streptocoques fécaux :

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus*. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (MANUEL DE BERGEY, 1984).

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés (GAUJOUS D, 1995). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (PNUE/OMS., 1977).

3.2.3- Salmonella:

Les bactéries pathogènes les plus fréquemment rencontrées sont les salmonelles dont la concentration est de l'ordre de 10^2 à 10^3 par ml (LADJEL, 2006).

Salmonella est une bactérie à Gram négatif, anaérobie facultative en forme de tige appartenant à la famille des entérobactéries, Salmonella vivent dans les intestins des animaux à sang chaud et froid et Certaines espèces sont omniprésentes, D'autres espèces sont spécifiquement adaptées à un hôte particulier. Chez les humains, Salmonella sont causer deux maladies appelées salmonellose :

A)- fièvre entérique (Typhoïde): résultant de l'invasion bactérienne de la circulation sanguine.

B)- gastro-entérite aiguë: résultant d'une infection d'origine alimentaire / intoxication. Sous l'actuelle CDC américain (Center for Disease Control) système de classification, il existe deux espèces : *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori*. *S. enterica* est divisée en 6 sous-espèces (LE MINOR & POPOFF, 1987).

Chapitre II : Traitement des eaux usées.

1- L'assainissement, de l'Antiquité à nos jours :

De nos jours l'assainissement des eaux usées domestiques et industrielles est perçu comme une évidence, aussi bien pour la protection de notre santé que pour la préservation de l'eau en tant qu'écosystème. La collecte et le traitement des eaux usées ont suivi, à la fois, le mode de vie des sociétés au fil de l'Histoire, mais également les découvertes scientifiques. D'un point de vue historique la croissance démographique et le développement des villes ont imposé la nécessité de fournir aux citoyens une eau saine de « bonne qualité ». La protection de la santé publique a fait l'objet de nombreux efforts, avec notamment la dépollution des eaux usées, depuis plusieurs générations. Scientifiquement, la prise de conscience des problèmes de santé publique et la compréhension des causes d'épidémies, telles que le choléra, la peste et le typhus, ont entraîné la construction d'infrastructures et le développement de procédés, de plus en plus sophistiqués, permettant de mettre un terme à ces problèmes (**LE HYARIC, 2009**).

2- L'épuration des eaux usées en Algérie :

L'épuration des eaux usées constitue un axe stratégique pour l'équilibre hydrique et écologique. Par conséquent, d'importants programmes de réalisation de stations d'épuration ont été conçus et lancés pour protéger la ressource et le littoral, d'autant que l'Algérie a ratifié la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée. L'**ONA** exploite **153 (75 stations de lagunage, 75 stations de type boues activées et 03 filtres plantés)** réparties sur l'ensemble du territoire national et toutes les stations à boues activées disposent de laboratoire de contrôle. Les procédés les plus répandus utilisés sont à boues activées et à lagunage naturel. Le facteur protection de la ressource est prédominant pour la majorité des stations. Cependant, depuis **2006** le facteur récupération des eaux usées est intégré progressivement dans le fonctionnement pour quelques stations d'épuration, le volume des eaux épurées durant le mois de Janvier (**2019**) **21 millions de m³**, soit un débit moyen journalier de **681 232 m³ /j** (**ONA, 2019**).

3- Les procédés de traitement des eaux usées :

Les procédés de traitements des eaux usées sont repartis en deux grands groupes : les systèmes intensifs et les systèmes extensifs.

3.1- Les systèmes intensifs :

Les systèmes intensifs ou systèmes compacts font appel à des technologies appropriées et nécessitent beaucoup d'énergie. Ce sont des procédés de traitement qui requièrent de petites surfaces pour leur implantation. Parmi ceux-ci nous avons : le lit bactérien, le système de boue activée et le disque biologique.

a) Le système de Lit bactérien :

C'est le plus ancien procédé biologique utilisé. Des bactéries cultivées sur un substrat neutre ; de la pierre concassée, du pouzzolane, ou du plastique, sur lequel on fait passer l'effluent (BELGIORNO *et al.*, 2007). L'air est transféré par diffusion à travers le film d'eau ruisselant à la surface du matériau. Une vitesse hydraulique suffisante, assurée par un recyclage d'eau traitée, permet l'évacuation des boues en excès qui sont séparées de l'effluent traité dans un ouvrage de décantation situé en aval (figure 1). (KHAMIS, 2015).

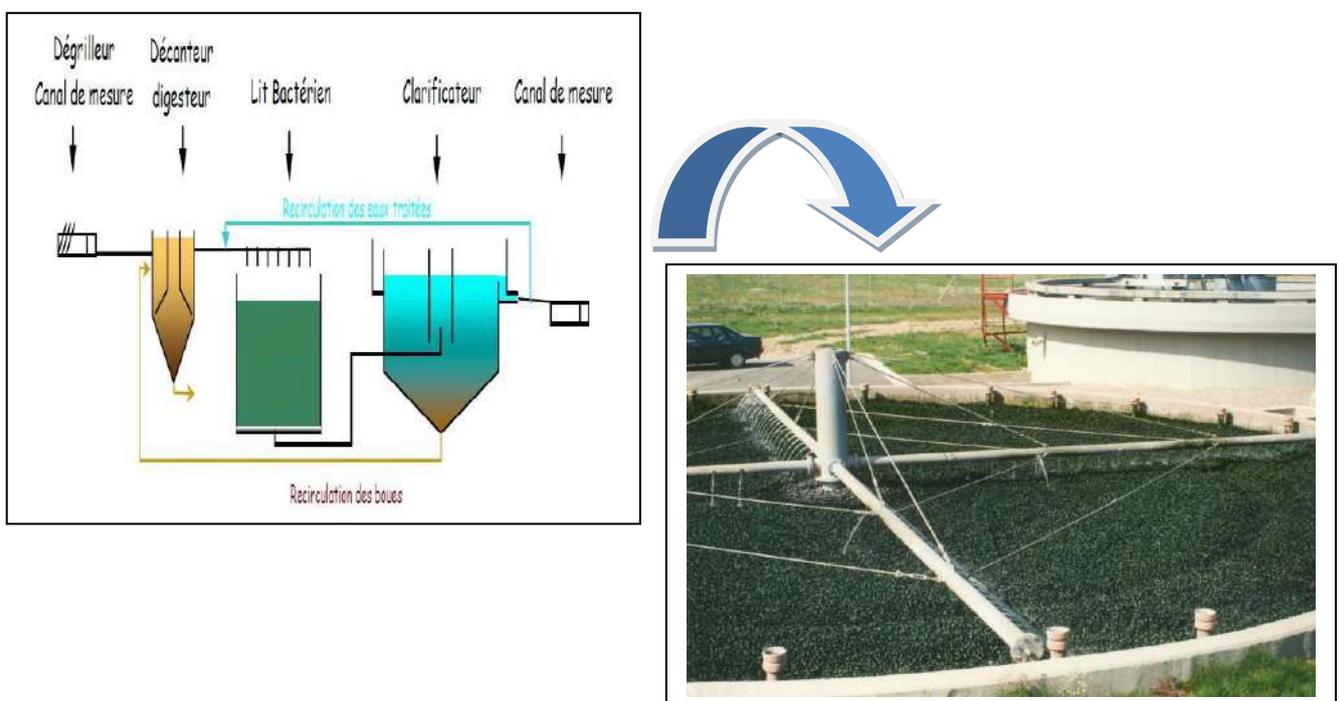


Figure n° 1 : schéma explicatif du système lit bactérien

Une aération est pratiquée dans le but d'apporter dans toute la masse du lit, l'oxygène nécessaire à la microflore. Le matériau poreux peut être constitué de sables, cailloux concassés, de matières synthétiques, des minéraux, etc. Ce matériau repose sur un double radier: le radier supérieur qui est perforé et le radier inférieur qui recueille l'eau traitée (**KHAMIS, 2015**).

b) Le système de boue activée :

Le traitement par boues activées est le type de traitement le plus utilisé dans le monde. Le procédé d'épuration par boues activées est un procédé relativement récent, il est mis au point par **ARDEN** et **LOCKET** en **1914** à Manchester au Royaume-Uni.

Il consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés aussi boues activées dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération), ce dernier alimenté par l'eau usée à traiter. Le brassage a pour but d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et l'eau usée (liqueur mixte) tout en évitant les dépôts.

Enfin, l'aération quant à elle, peut se faire avec de l'air, ou avec de l'oxygène pur dans le but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

La figure (02) schématise le traitement par boue activée.

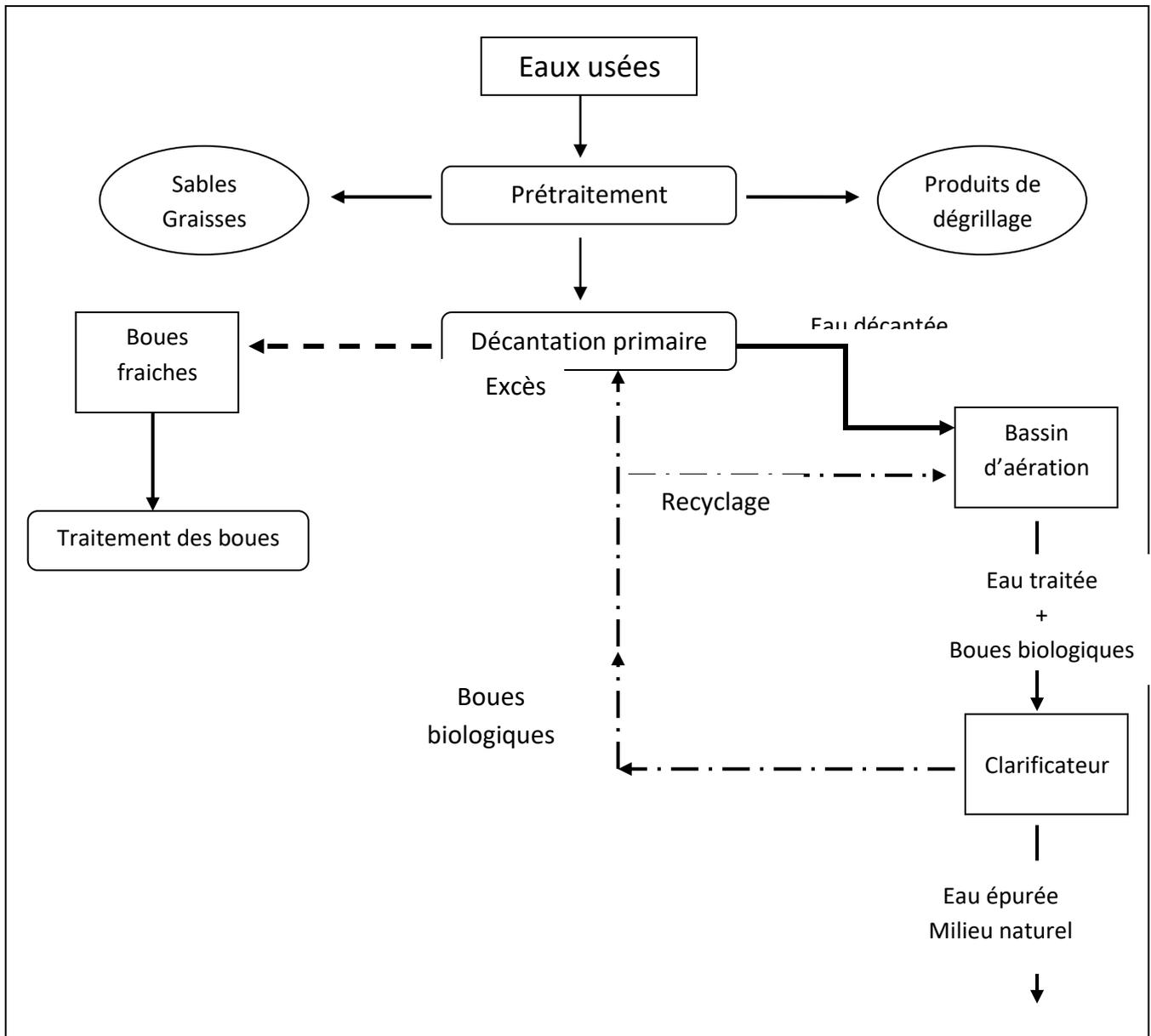


Figure n° 2 : schéma de fonctionnement d'un traitement par boues activées.

c) Le système de disques biologiques :

Dans cette méthode, la biomasse est fixée sur des disques en rotation montés verticalement et immergés à **40 %** dans l'eau à traiter (**figure 3**). C'est le même principe que le système de lit bactérien. Les caractéristiques des disques sont les suivantes : - Diamètre: **2 à 4 m**, - Vitesse de **1 à 2 t/minute**, - Espacement entre les disques: **2 à 3 cm**. Les disques doivent être protégés contre les intempéries (pluie, neige, soleil...) (**Konaté, 2012**).

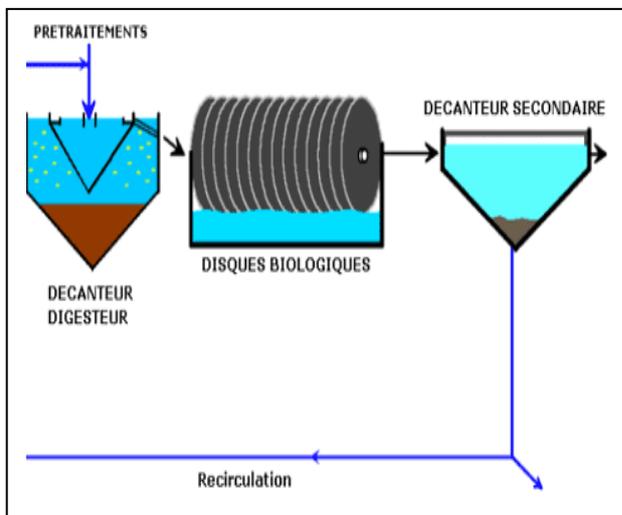


Figure n° 3 : schéma explicatif du système disques biologiques.

3.2- Les systèmes extensifs :

Dans les systèmes extensifs on distingue le lagunage à macrophyte et le lagunage à microphyte.

a) Le lagunage :

C'est une technique basée sur des phénomènes d'autoépuration naturelle dans les mares et les étangs. Il entraîne la sédimentation des matières en suspension, ainsi que la dégradation aérobie au niveau du liquide et celle anaérobie dans les sédiments qui se sont déposés au fond de la lagune. Le lagunage utilise des mécanismes naturels pour traiter les eaux usées. Il s'agit des bactéries, de la photosynthèse et du pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues. Un traitement par lagunage utilise en général trois types de bassins : un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation (AISSANA, 2014).

b) Le lagunage à macrophytes :

Le procédé utilise des végétaux supérieurs, flottant ou fixés. Ces végétaux encore appelés macrophytes servent de supports à d'autres microorganismes intervenant dans l'épuration.

Les performances intrinsèques des bassins à macrophytes en Afrique sont très peu étudiées jusqu'à ce jour, et la laitue d'eau demeure la plante la plus utilisée dans les bassins d'épuration (KONE, 2002).

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins en séries où les plantes cultivées couvrent les bassins et maintiennent des conditions anaérobies de dégradation de la

matière organique. Les racines des plantes fournissent de l'oxygène au milieu et servent de pièges aux boues qui remontent en surface.

Le lagunage à macrophytes est généralement utilisé en vue d'améliorer le traitement sur les paramètres tels que la Demande Biochimique en Oxygène au bout de cinq (**05**) jours (**DBO5**) ou les matières en suspension (**MES**) (**DERONZIER et al. 2001**).

c) Le lagunage à microphytes :

Dans le lagunage à microphyte, l'épuration est assurée par les microorganismes contenus dans les influents pendant un temps de séjours prolongé dans plusieurs bassins étanches disposés en série et en parallèle. Le nombre de bassins est généralement de trois (**03**) (**PIETRASANTA et BONDON, 1994**). Cependant utiliser une configuration avec quatre (**04**), voire six (**06**) bassins, permet d'avoir un meilleur abattement bactérien et une désinfection plus poussée. L'un des mécanismes sur lesquels repose le lagunage à microphytes est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet le développement des algues qui produisent de l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Il y a ainsi prolifération de deux populations indépendantes : les bactéries et les algues planctoniques dénommées «**microphytes**». Dans le fond du bassin où la lumière ne pénètre pas, ce sont les bactéries anaérobies qui sont responsables de la dégradation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane. (**Figure 4**) se produit à ce niveau (**PERERA et BAUDOT, 2001**).

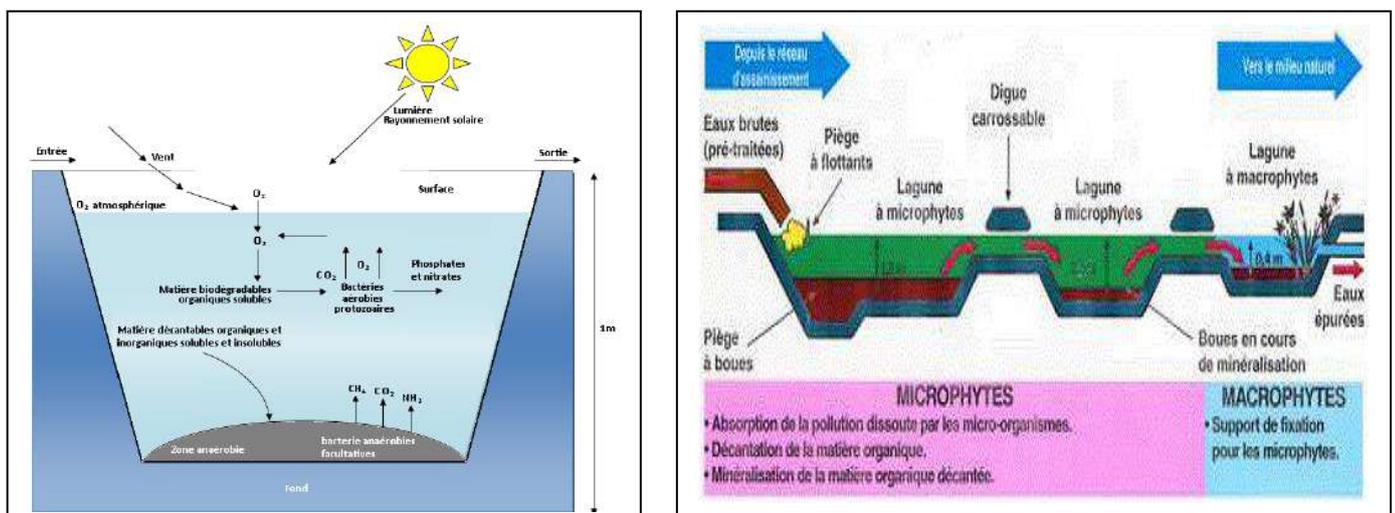


Figure n° 4: Schéma de principe et les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (d'après agences françaises de l'eau, CTGREF).

4- Impacts sanitaires et environnementaux des eaux usées :

4.1- Risques sanitaires :

Les eaux usées sont celles rejetées par les collectivités, les industries et les particuliers puis acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, elles sont appelées eaux usées épurées ou effluents. Sur le plan sanitaire, les véritables problèmes liés à l'utilisation des eaux usées sont le manque de traitement approprié et le cadre informel qui accompagne souvent cette pratique. Or, les risques microbiologiques sont avérés, avec une transmission possible de maladies bactériennes, parasitaires ou virales (**Sou, 2009**). L'évaluation des risques sanitaires liés à l'usage agricole des eaux usées a fait l'objet de nombreuses études. Toutefois, ces études concernent essentiellement deux types d'eaux usées particulières : les eaux usées non traitées, d'une part, et d'autre part à celles traitées de manière adéquate et répondant parfaitement aux normes relatives à la qualité des eaux d'irrigation. Dans le cas de l'irrigation avec des eaux usées non traitées, le risque sanitaire est avéré aussi bien pour les maraîchers et leurs familles, (en contact plus ou moins étroit avec les eaux usées), que pour les consommateurs des produits issus de cette irrigation. Dans le cas des eaux usées traitées efficacement, les études ont montré qu'elles pouvaient être utilisées sans danger en agriculture, y compris pour irriguer des légumes consommés crus. Cependant, entre ces deux situations extrêmes, on se trouve fréquemment en présence d'eaux usées faisant l'objet d'un traitement insuffisant ou inadéquat dû à des moyens économiques limités. L'utilisation agricole de cette catégorie d'eaux usées s'observe majoritairement dans les pays en voie de développement. Les eaux usées peuvent contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) et des micropolluants (métaux lourds et micropolluants organiques) qui présentent des dangers pour la santé humaine (**PULCHERIE, 2013**).

4.2- Impact environnemental :

Sur le plan environnemental, les impacts potentiels peuvent se situer à trois niveaux : une possible dégradation des sols, une contamination des eaux souterraines par lessivage et la pollution des eaux superficielles.

Dans les régions arides et semi-arides, les impacts physicochimique et microbiologique des eaux usées sur le sol sont accentués et accélérés par la forte demande évaporative qui concentre rapidement les constituants minéraux et autres polluants apportés au sol par l'eau d'irrigation. Les impacts majeurs observés sont la salinisation, l'alcalinisation et les changements structuraux du sol. Les conséquences en sont une baisse générale de la fertilité

liée à une accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire, ainsi qu'une réduction notable de la conductivité hydraulique et de la capacité d'infiltration des sols, (SOU, 2009).

5-Traitement et réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées peut s'appliquer à une large variété d'usages, à savoir : l'irrigation agricole, l'irrigation non-agricole, l'utilisation urbaine domestique, l'utilisation urbaine non-domestique, l'usage récréationnel (espaces verts...), l'eau de baignade, le bétail, les activités de loisir et sports liés à l'eau, l'industrie, la recharge de nappes, la recharge des cours et des points d'eau, l'aquaculture, l'utilisation du pouvoir thermoélectrique et même la production de l'eau potable (SALGOT & HUERTAS, 2006).

L'irrigation est l'activité humaine qui consomme le plus d'eau, la réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource à donc été une des premières voies de développement. Certains pays devant faire face à de graves pénuries d'eau ont développé en ce sens une politique à l'échelle nationale. Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource mais aussi dans la nature des eaux usées, en effet elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures et qui peuvent augmenter significativement le rendement (BOUTIN et MERCIER, 1984).

Les projets de réutilisation des eaux usées en agriculture sont de plus en plus nombreux dans différents pays du monde (Etats Unis, Mexique, Chili, Pérou, Tunisie, Arabie Saoudite) (ELHALOUANI, 1995) et plus récemment en Australie et en Afrique du Sud (SALGOT & HUERTAS, 2006).

Les recommandations et les dangers de la réutilisation sont habituellement définis selon des normes publiées par des collectivités locales ou des agences nationales et internationales. Le risque est défini comme étant la probabilité de blessure, de maladie ou de mort sous certaines circonstances. Lorsqu'on parle de risque lié à la réutilisation des eaux usées, il est à prendre en considération aussi bien le risque associé à la santé humaine que celui lié à l'environnement (SALGOT & HUERTAS, 2006).

Tableau 1 : Avantages, inconvénients et risques liés à la réutilisation des eaux usées (SALGOT & HUERTAS, 2006)

Avantages	Inconvénients	Risques
<p>ECONOMIE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de l'efficacité économique des investissements en matière d'élimination des eaux usées, de réutilisation en irrigation et autres usages. - Conserver les ressources hydriques - Recharger les nappes 	<p>Les eaux usées sont produites en continu tout au long de l'année, leur réutilisation en irrigation est limitée à la période de croissance des cultures : des dispositions supplémentaires ou des installations de stockage sont nécessaires</p>	<p>Nuisance potentielle sur les eaux naturelles à cause des pathogènes, métaux lourds, azote, matière organique et autres substances chimiques qui pourraient rendre l'eau non utilisable comme dans les conditions initiales</p>
<p>AGRICULTURE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des nutriments des eaux usées (Azote et Phosphore). - Réduction de l'utilisation des fertilisants synthétiques. - Amélioration des propriétés fertilisantes du sol. 	<p>Présence de certaines substances dans les eaux usées à des concentrations qui pourraient s'avérer toxiques pour les plantes.</p>	<p>Nuisance potentielle sur la santé humaine par la dispersion de germes pathogènes et de substances chimiques.</p>
<p>TRAITEMENT:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du cout de traitement : traitement par le sol lors de l'irrigation (traitement tertiaire non nécessaire) 	<p>Augmentation des couts de traitement</p>	<p>Impact du traitement sur l'environnement par la production de boues</p>
<p>ENVIRONNEMENT :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atténuation de l'impact sur le cycle naturel de l'eau - Réduction de l'impact du rejet sur l'environnement (exp. eutrophisation) 	<p>Certaines substances présentes dans les eaux usées à des concentrations pouvant causer des dommages environnementaux</p>	<p>Nuisance potentielle sur les matrices environnementales par dispersion de pathogènes et de substances chimiques</p>

6- Normes de rejet :

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), les normes de rejets des eaux usées appliquées en Algérie sont résumées dans le tableau (2).

Tableau (2) : Les normes de rejet des eaux usées en vigueur en Algérie sont :

Paramètres	Unités	Valeurs limites	Tolérance des valeurs limites des anciennes installations
Température	C°	30	30
pH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
MES	Mg/l	30	40
Azote	Mg/l	30	40
Phosphore total	Mg/l	10	15
DCO	Mg/l	90	130
DBO5	Mg/l	30	40
Aluminium	Mg/l	3	5
Substance toxique bioaccumulable	Mg/l	0,005	0,01
Cyanures	Mg/l	0,1	0,15
Fluore et composés	Mg/l	15	20
Indice de phénol	Mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	Mg/l	10	15
Huiles et graisses	Mg/l	20	30
Cadmium	µg/l	0,2	0,25
Cuivre total	µg/l	0,5	1
Mercure total	µg/l	0,01	0,05
Plomb total	µg/l	0,5	0,75
Chrome total	µg/l	0,5	0,75
Manganèse	µg/l	1	1,5
Nickel total	µg/l	0,5	0,75
Zinc total	µg/l	3	5
Fer	µg/l	3	5

Source : journal officiel de la république algérienne (2006)



Matériel et méthodes

1.2- Population :

La population totale de la wilaya est de **561 319** habitants selon les résultats du **RGPH 2008**, soit une densité de **3.4** habitants par Km². Selon les estimations la population s'élevait à **627 677** à la fin de l'année **2013** (ANDI, 2013).

1.3- Climatologie :

Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème.

Pour cette étude climatologique, nous nous avons référé aux données climatiques moyennes mensuelles calculées à partir des mesures portant sur la période de 12 années d'observation (2007 - 2018) et qui sont présentées dans le tableau ().

Tableau (3): valeurs moyennes des paramètres climatologiques étudiés (2007 – 2018)

Mois	Température (°C)			Précipitations (mm)	EVA en mm	V en m/s
	Minimales	Maximales	Moyennes			
Janvier	5,2	19,5	12,3	13,14	1,6	8,2
Février	7,1	21,3	14,2	46,40	1,8	9,5
Mars	10,6	25,6	18,1	75,9	2,1	10,4
Avril	15,3	30,7	23,0	23,6	2,6	11,5
Mai	20,1	35,4	27,7	17,9	2,9	11,6
Juin	24,8	40,4	32,6	32,4	3,4	10,4
Juillet	28,1	43,9	36,0	41,6	3,7	9,4
Août	27,3	42,5	34,9	31,1	3,5	9,3
Septembre	23,8	38,3	31,0	31,3	3,2	9,6
Octobre	17,4	31,7	24,5	17,1	2,6	9,5
Novembre	10,3	24,3	17,3	74,6	2,0	7,5
Décembre	5,7	19,6	12,7	22,8	1,6	7,4
Moyenne / cumul	16,31	31,1	23,69	427,84	2,58	9,53

(Source : ONM, 2018)

a) Température :

Les températures enregistrées sur les dernières **12** années (fig. n° **06**) appartiennent au climat saharien ; froide en hiver (une moyenne des minimas durant le mois de Janvier de **5,2 °C**) et chaude en été (Juillet : **43,9 °C**).

Les températures extrêmes absolues sont de l'ordre de **47,4 °C** et **3,4 °C**.

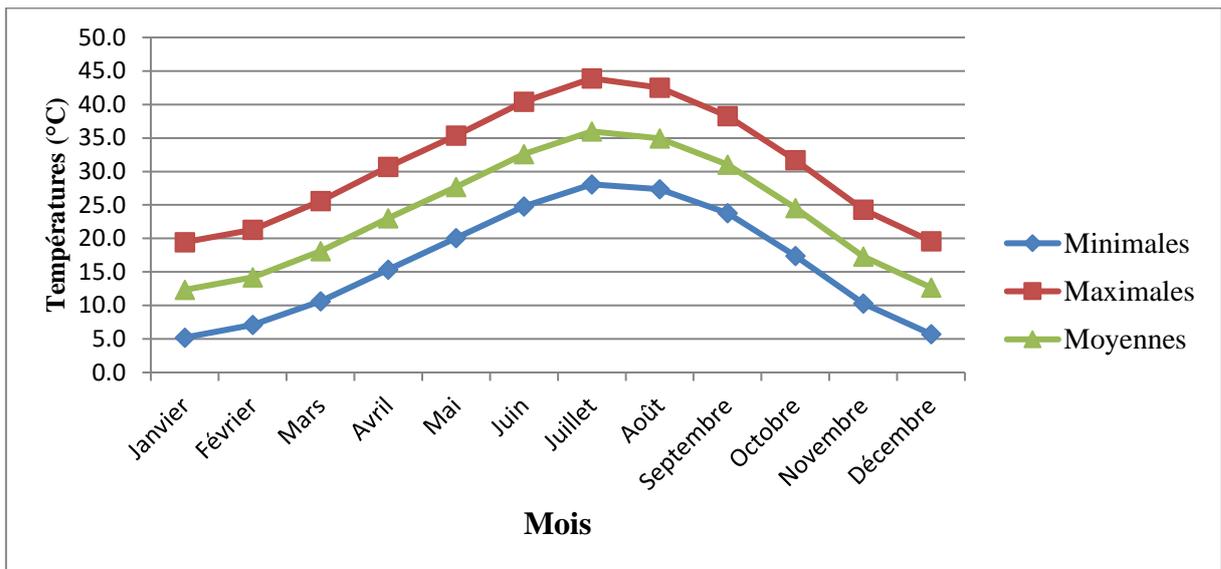


Figure n° 6 : Moyennes des températures minimales, maximales et moyennes à Ouargla (calculées sur 12 ans).

b) La pluviométrie :

A **Ouargla** la pluviométrie moyenne interannuelle est de l'ordre de **35,6 mm** (fig. n° 07). Le régime interannuel des pluies est caractérisé par une irrégularité bien marqué.

Caractérisé par un climat habituellement sec, ce paysage peut être trompeur par la forte irrégularité : il est tombé **54,1 mm** de pluie en Janvier **2009**, alors que ça n'a pas dépassé **5,7 mm** pour les autres années.

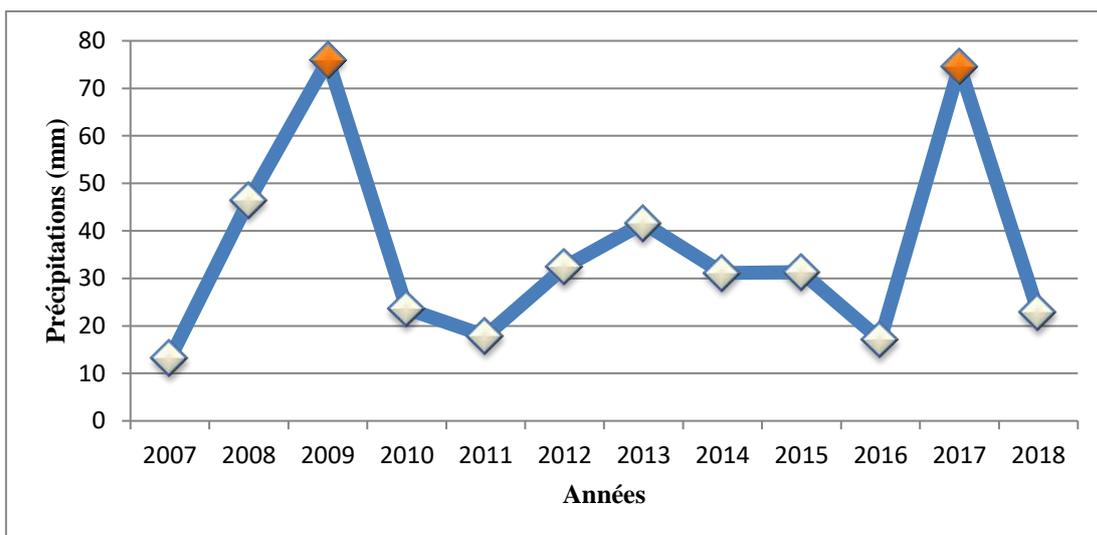


Figure n° 7 : variation interannuelle de la pluviométrie à Ouargla de 2007 à 2018.

c) Les vents :

Les vents sont fréquents dans la région de Ouargla, leur direction varie le long de l'année en fonction de la saison :

- ✓ **En hiver** : les vents dominats sont des vents Ouest.
- ✓ **En printemps** : ce sont les vents Nord, Nord-est et les vents de sables qui prédominent avec une vitesse maximale de **25 m/s**. La vitesse moyenne annuelle des vents est de **9,5 m/s**.

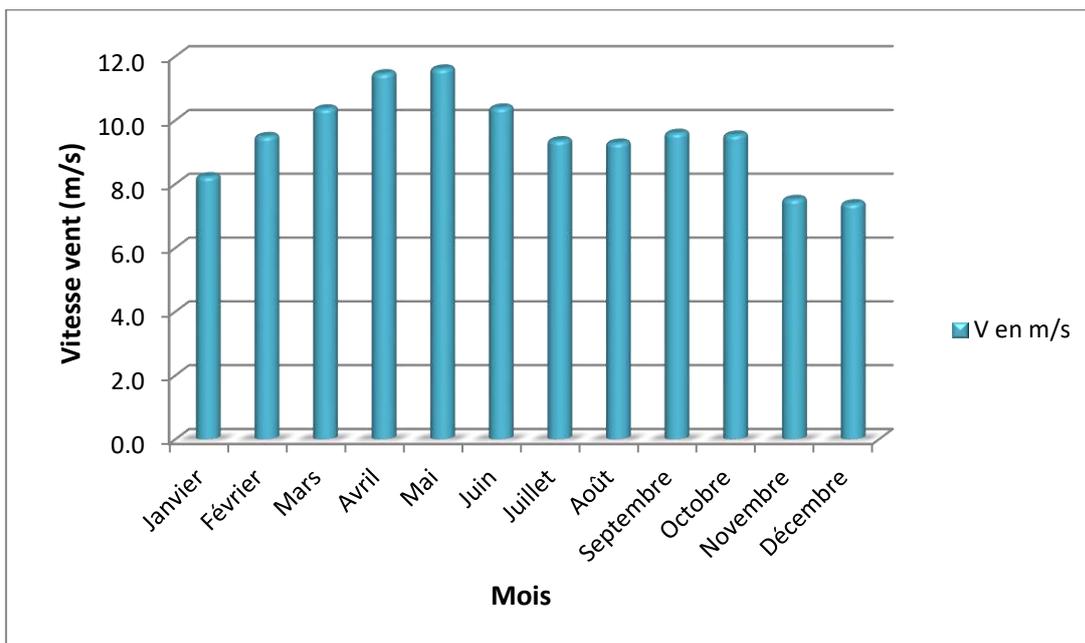


Figure n° 8 : moyennes de la vitesse des vents à Ouargla de 2007 à 2018.

d) Evaporation :

On a enregistré une forte évaporation durant ces douze (12) dernières années, celle-ci renforcée par les vents chauds. Le cumule est de l'ordre de **2880,8 mm**, avec une valeur maximale de **447,4 mm** durant le mois de Juillet (mois le plus chaud de l'année) et un minimum de **87,4 mm** pendant le mois de décembre.

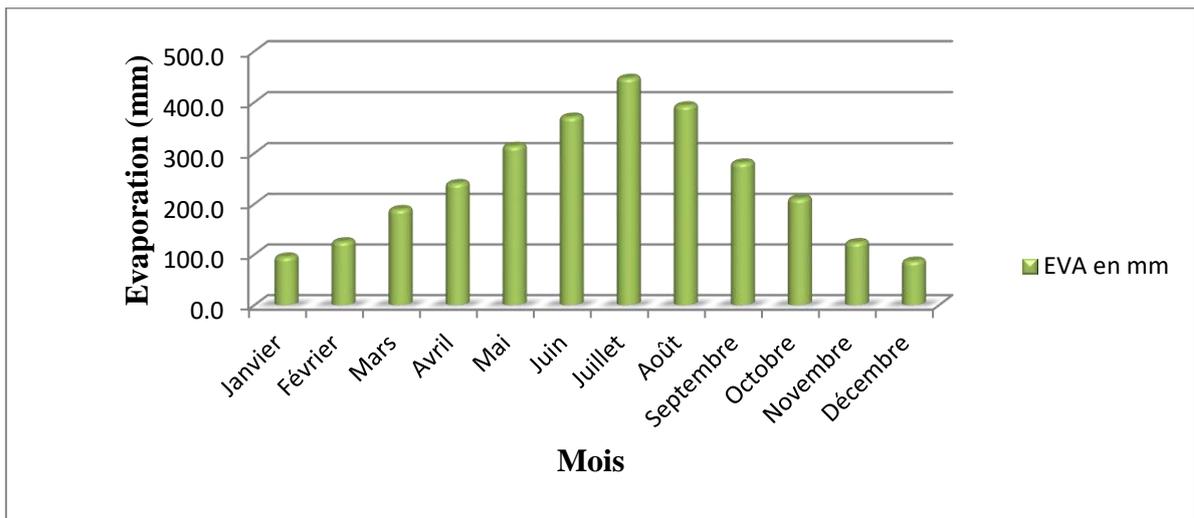


Figure n° 9 : moyennes de l'évaporation à Ouargla de 2007 à 2018.

1.4- Synthèse climatique :

a) Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS :

La combinaison de température et précipitations, est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs qui correspondent aux mois où le total de précipitations est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle, soit $[P \text{ (mm)} \leq 2 T \text{ } ^\circ\text{C}]$.

Le Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 12 ans, et montrent que la période sèche s'étale tout au long de l'année (**Figure 10**).

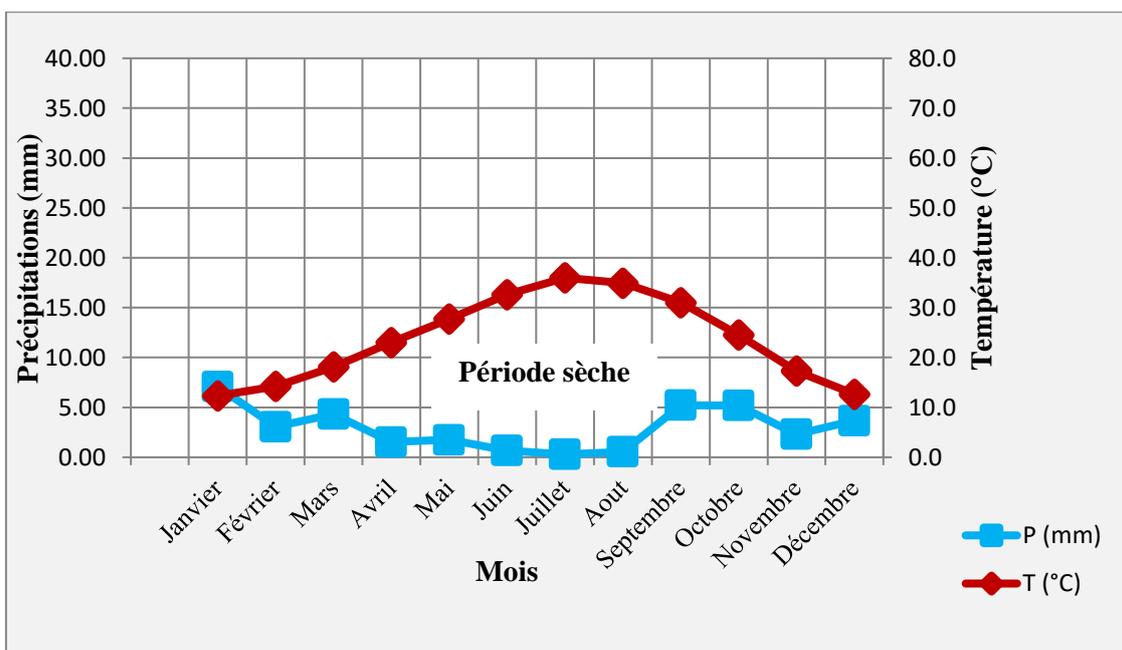


Figure n° 10 : Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla 2007-2018.

b) Climagramme d'EMBERGER :

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule : $Q_2 = 2000P / M_2 - m$, dont

- **P** : précipitation annuelle (mm).
- **M** : la température maximale du mois le plus chaud en °C.
- **m** : la température minimale du mois le plus froid en °C.

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit : $Q_2 = 3.43 (P/M-m)$ (STEWART, 1968).

- **Q** : le quotient pluviométrique d'EMBRGER.
- **P** : Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- **M** : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.
- **m** : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

Après application de cette formule sur la période allant de 2007 à 2018, $Q_2 = 3,15$. Notre zone d'étude se place dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure 11).

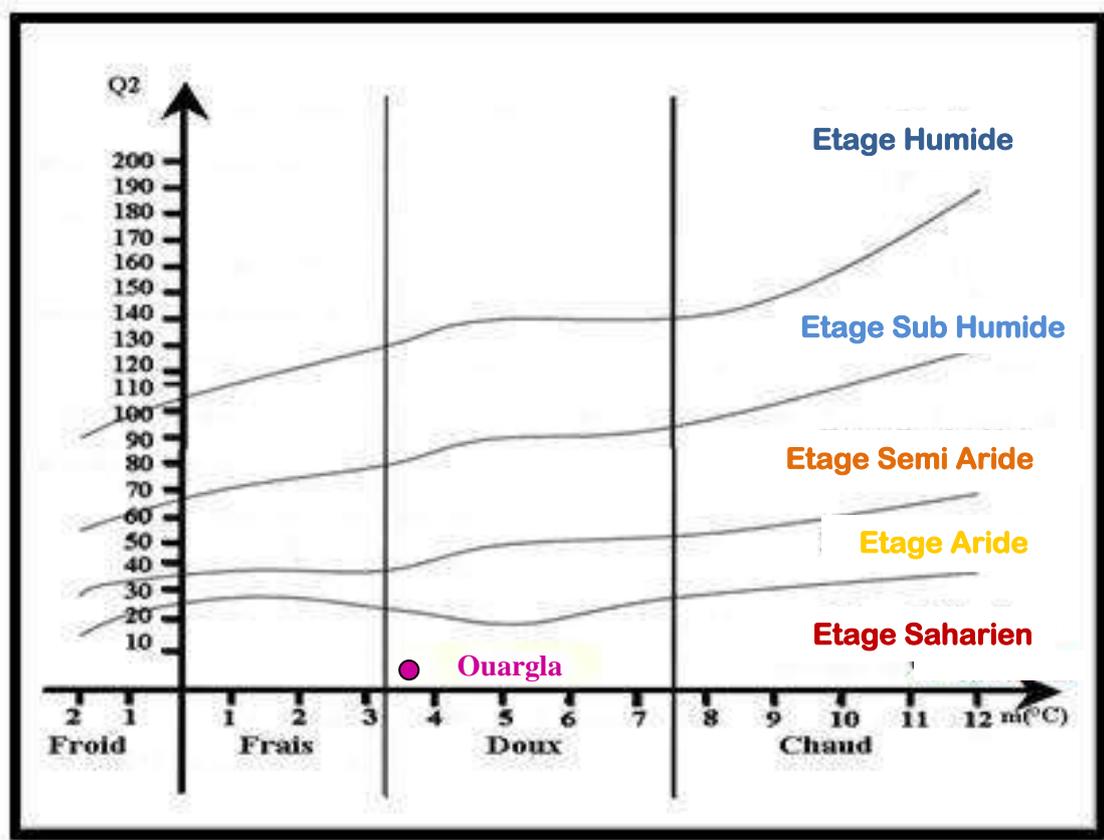


Figure n° 11 : Situation de la région de Ouargla sur le climagramme d'EMBERGER (2007-2018).

2-Description de la station de traitement des eaux usées :

Située à Saïd Otba au Nord est de la cuvette de Ouargla et dont les coordonnées géographiques sont :

- ✓ Latitude : **31°59'46,23" Nord**.
- ✓ Longitude : **5°21'56,17" Est**. (CHETTOUH & HIDEB, 2017)

Le projet de la station d'épuration de la ville de **Ouargla** (fig. n° 12) à démarré en **2006** par l'Office National de l'Assainissement (ONA) **Ouargla** en collaboration avec la société **DYWIDAG** et mise en marche à la fin de l'année **2008**, dont les principaux objectifs sont :

- La protection de l'environnement par la préservation du milieu récepteur.
- L'élimination des nuisances et des risques sur la santé humaine au niveau des zones urbaine.
- La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole notamment.



Figure n° 12 : Station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla.

Etendue sur **80** hectares et alimentée par 5 stations de refoulement, la STEP Ouargla est conçue pour traiter un débit **57 000 m³/j** avec une capacité de **400 000 eq/hab**. Les localités concernées par ce traitement sont essentiellement la commune de **OUARGLA**, **ROUISSAT** et **AIN BEIDA**. Actuellement la STEP ne fonctionne qu'à **65%** de ces capacités avec un débit journalier de **35 000 m³/j**.

L'horizon de dimensionnement de la **STEP** est l'année **2015**, une extension de la station est prévue pour l'horizon **2030**.

La **STEP** fonctionne sur la base du procès de traitement biologique extensif par lagunage aéré. Ce dernier se caractérise par un ou plusieurs bassins de traitement dans lesquels la charge biodégradable d'un effluent est détruite par voie bactérienne, une partie ou moins de ce traitement étant réalisée en aérobiose grâce à un apport d'oxygène dissous dans l'eau artificiellement (aérateurs mécaniques, insufflation d'air, etc...). Il n'ya pas de recirculation de la culture bactérienne (**STARABAG, 2008**).

Le débit admis au traitement suit la filière suivante :

2.1- Un prétraitement : se déroule en trois (**03**) étapes :

2.1.1- Le dégazage : cette opération se déroule dans un regard situé en aval de l'entrée de la STEP dont le rôle est la contribution à l'élimination du **CO₂** et des gaz polluants (**CH₄**, **SO₂**, **H₂S**) formés dans les conduites de refoulement.

2.1.2-Le dégrillage : Sa principale fonction est l'élimination des corps solides et volumineux contenues dans les eaux usées admises à la STEP et qui passent directement au dégrillage. Ce dernier est constitué de trois canaux de **1,8** m dans lesquels sont disposées deux grilles mécanisées de by pass (l'espace entre les barreaux est de **40** mm).

Les refus de grilles sont évacués vers un conteneur étanche de **4 m³** placé à coté de l'ouvrage de dégrillage.

2.1.3- Le dessablage : l'objectif du dessablage consiste à éliminer les matières lourdes par décantation et d'opérer par tri granulométrique par le biais de trois canaux contigus à la zone de dégrillage et dans le dessableur.

Les sables décantent et tombent au fond de l'ouvrage puis extraites par une vis d'Archimède, collectés et stockés dans une benne étanche.

2.2- Ouvrage de répartition : Un répartiteur à eau est disposé en aval des ouvrages de prétraitement afin de répartir et canaliser les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques de **1,5 m** de largeur munis de batardeaux pour pouvoir mettre une lagune quelconque hors service en cas de nécessité (CHETTOUH et al, 2018).

2.3-Un traitement biologique des eaux usées par lagunage aéré :

Le traitement biologique se fait dans des bassins appelés lagunes répartis sur plusieurs niveaux à travers lesquels les eaux usées brutes passent et deviennent assainies ou épurées pour être évacuées en milieu récepteur. Dans la partie supérieur des bassins existe une zone aérobie où les bactéries présentes dans le milieu dégradent les matières organiques solubles ou en suspension. Au fond des bassins, des microorganismes anaérobies hydrolysent et solubilisent une partie des matières organiques décantées.

Les eaux traitées arrivent vers quatre bassins de lagunage aéré [**A1, A2, A3, A4**] constituant le premier étage de traitement biologique et ayant chacun les caractéristiques suivantes :

- ✓ Surface : **24 343 m³**.
- ✓ Hauteur moyenne d'eau : **3,5 m**.
- ✓ Volume : **85 200 m³**.

Chaque bassin du premier étage de lagunage aéré est équipé de **12** aérateurs brasseurs de puissance unitaire **18,5 Kw** qui fournissent un apport artificiel d'oxygène, favorisant ainsi le développement des microorganismes responsables de la dégradation de la matière organique.

Ensuite, les eaux traitées au niveau du premier étage rejoignent deux autres bassins de lagunes aérés [**B1, B2**] qui constituent le deuxième étage de traitement biologique et dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ✓ Surface : **40 750 m³**.
- ✓ Hauteur moyenne d'eau : **2,8 m**.
- ✓ Volume : **11 600 m³**.

Nécessitant une aération moindre que le premier étage car les conditions d'aérobiose sont plus importante dans ce dernier, ces deux lagunes sont équipées de sept (7) aérateurs brasseurs de **18,5 Kw** identiques à ceux installés dans les quatre premières lagunes.

Il faut signaler que la station fonctionne avec un seul fil de traitement (A3, A4) pour le premier étage et (B2) pour le second et enfin (F2) pour les lagunes de finitions.

Les lagunes de finitions se mettent en œuvre après le traitement biologique. Leur rôle est d'améliorer la qualité de l'effluent traité par la réduction à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés.

Dans cet étage on à pas besoin d'aérateurs brasseurs car l'oxygénation se fait naturellement à travers l'action photosynthétique des algues de surface. Cette action permet également une réduction de l'azote et du phosphore utilisés pour la synthèse des nouvelles algues.

Ainsi, les eaux décantées sont acheminées vers le milieu naturel (Sebkhet Sefioune) via un canal de mesure, il est de type venturi et est équipé d'une sonde ultrasonique qui mesure la hauteur de l'eau dans le canal.

2.4- Evacuation des boues :

Le fonctionnement épuratoire des lagunes se traduit par l'accumulation de boues au fond. Régulièrement quand le volume "utile" de la lagune (volume total moins celui occupé par les boues) devient trop faible et se traduit par des temps de séjour trop courts il est nécessaire d'extraire les boues. Pratiquement le curage de la lagune devient nécessaire lorsque le volume occupé par les boues avoisine 25% du volume total du bassin et l'extraction ne s'opère que sur 80 % du volume des boues.

Cette extraction a lieu lors des opérations de curage. Les boues sont extraites et acheminées par les tuyaux de refoulement vers les bassins de séchage.

La seule opération d'évacuation des boues a eu lieu en 2017 et elle n'a pas aboutie à cause de la défaillance des engins.

L'ensemble des opérations de traitement effectuées au niveau de la STEP sont illustrées dans la **figure n°13** qui suit :

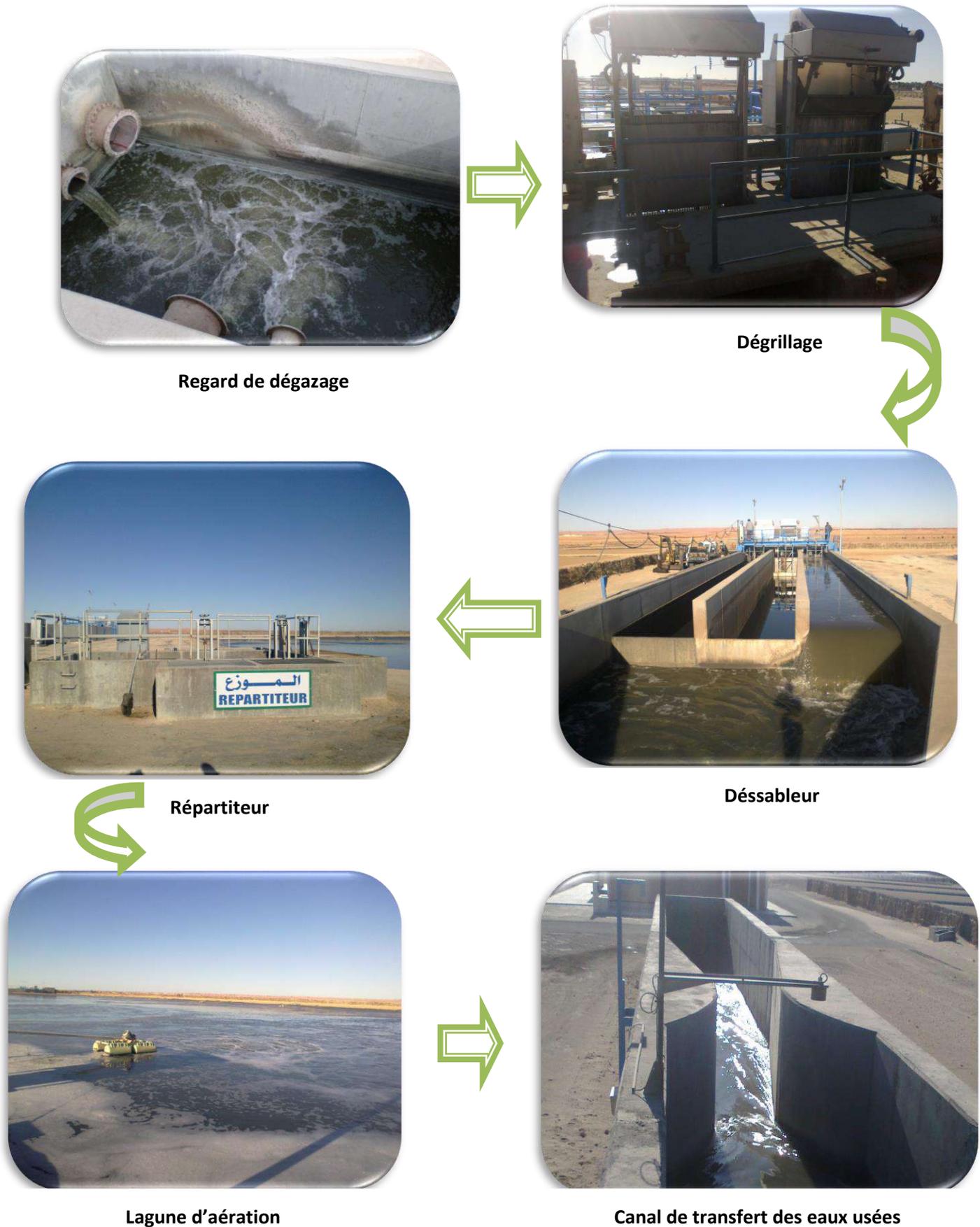


Figure n° 13 : Étapes de traitement des eaux usées au niveau de la STEP de Ouargla.

3- Prélèvement et suivi des paramètres :

L'évaluation de la conformité des rejets de systèmes de traitement des eaux usées nécessite une prise d'échantillons d'eaux usées traitées à la sortie des systèmes pour analyses de leur qualité, c'est pourquoi chaque station d'épuration est munie d'un laboratoire d'analyse, le cœur de la STEP, dont le rôle est la détermination des différents paramètres de pollution que ce soit physicochimiques ou bactériologiques dans le but d'évaluer le rendement d'élimination de la pollution et ainsi donner une appréciation des performances épuratoires de la STEP.

3.1-Echantillonnage :

L'échantillonnage a été effectué au niveau de la STEP **Ouargla** durant la période allant du mois de **Janvier** au mois de **Mai 2019**, pour les paramètres physicochimiques, tout en respectant le temps de séjour de l'eau dans la station. Pour les paramètres bactériologiques, l'échantillonnage s'est fait en mois d'Avril avec onze jours d'intervalle entre chaque échantillonnage.

Deux points de prélèvement ont été choisis pour répondre aux objectifs de ce travail. Le premier point correspond à l'entrée de la STEP (eaux usées brutes –**EUB**) et le second point au niveau de la sortie de la STEP (eaux usées épurées- **EUE**).

L'opération s'est faite par un échantillonneur (échantillon moyen de 24 heures) pour les eaux usées brutes et de façon manuelle (échantillon ponctuel) pour les eaux usées épurées, tout en respectant le temps de séjour de l'eau dans la station.

Les analyses physicochimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de la STEP.

Pour les analyses bactériologiques, trois prélèvements, avec 11 jours d'intervalle pour chaque échantillon, ont été effectués dans des flacons en verre stérilisés de 250 ml puis transporté directement au laboratoire de l'université ou les analyses ont été effectuées. La conservation des échantillons s'est faite dans un réfrigérateur à 4°C.

Il faut noter qu'il faut respecter certains critères et avoir une bonne pratique de prélèvement afin d'obtenir des échantillons représentatifs pour un résultat plus fiable et correcte.

Parmi ces paramètres à respecter par le préleveur on note :

- ✓ La sélection précise des points de prélèvement.

- ✓ Le respect des procédures d'échantillonnage prescrites par la loi.
- ✓ La conservation adéquate des échantillons dans récipients hermétique appropriés bien propres en polyéthylène ou en verre remplies à ras de bord.
- ✓ L'identification précise des échantillons (nom du préleveur, date, lieu de prélèvement).

3.2- Transport des échantillons:

Dans le cas général, les échantillons prélevés doivent impérativement être conservés au froid (+ 2 à + 5 °C) et à l'abri de la lumière, y compris pendant leur transport vers le lieu d'analyse en respectant les délais de conservation de 6 heures.

La teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau risque de subir des modifications après le prélèvement, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible et transportée dans une enceinte réfrigérée (aux environ de 4°C) avec un délai maximum de 8 heures avant l'analyse (**Attab, 2011**).

Pour plus de détails, se référer à la norme **ISO 5667-3 (30 pages)** qui donne, en fonction des paramètres à analyser, les conditions de conservation recommandées.

3.3- Analyses physicochimiques:

Les paramètres physicochimiques étudiés sont le pH, la température, la salinité et la conductivité, l'oxygène dissous, les matières en suspension (**MES**), la demande chimique en oxygène (**DCO**) et la demande biochimique en oxygène (**DBO**).

Ces paramètres sont analysés au niveau du laboratoire de la STEP Ouargla.

3.3.1- Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

La détermination de la valeur du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre portable (marque **WTW**) dans le but de mesurer le degré d'acidité, de neutralité ou de basicité de l'eau.

La méthode de mesure consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher ou directement dans la bouteille de prélèvement, puis noter la valeur du pH affiché sur le cadran de l'appareil une fois stabilisée (**fig. n°14**).

Pour les échantillons liquides, il est recommandé d'effectuer l'analyse immédiatement après la prise d'échantillon. Si l'analyse ne peut être faite sur le terrain, l'échantillon devrait être analysé dans les **24 heures** suivant le prélèvement.



Figure n° 14 : Mesure du pH.

3.3.2- Conductivité électrique, salinité et température :

La mesure se fait par conductimètre de marque **WTW** pour notre cas, (**fig. n° 15**). Comme pour le pH, la mesure de la conductivité se fait en immergeant l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et faire la lecture après stabilisation.

La conductivité est influencée par la température, c'est pourquoi les conductimètres actuels sont pourvue d'une sonde de température qui corrige la valeur de la conductivité à **25 °C** automatiquement, et donc le résultat pour les liquides est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure n° 15 : Mesure de la conductivité électrique, salinité et température

3.3.3- L'Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est mesuré en nombre de milligrammes d'oxygène (**O₂**) par litre d'eau (mg/L) ou en pourcentage de saturation. La mesure s'effectue par le biais d'un oxymétrie portable (**WTW**).

Ce paramètre est très influencé par la température. En effet plus la température augmente plus la valeur de l'oxygène dissous diminue dans l'eau.

3.3.4- Les matières en suspension (MES) :

Un échantillon représentatif est filtré à travers une membrane filtrante en fibre de verre ayant une porosité nominale de 1,5 µm (**fig. n° 16**), préalablement rincée et séchée à 105°C. Les matières retenues sur le filtre sont séchées à 105 °C puis pesées avec le filtre. La masse de matières en suspension est obtenue en faisant la différence entre la masse du filtre incluant les résidus séchés et la masse initiale du filtre, tout en tenant compte du volume filtré. Les résultats d'analyses sont exprimés en mg/L sont donné par l'expression :

$$MES = (M_1 - M_0) \cdot 1000 / V$$

Où

V : Le volume en ml d'échantillon utilisé.

M₀ : La masse en mg du disque filtrant avant utilisation.

M₁ : La masse en mg du disque filtrant après utilisation.



Figure n° 16 : système de filtration avec pompe à vide et balance analytique

3.3.5- La demande chimique en oxygène (DCO) :

La mesure de la demande chimique en oxygène (**DCO**) nous renseigne sur le bon fonctionnement des bassins d'aération et nous permet d'estimer le volume de prise d'essai de la **DBO5**.

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium (**K₂Cr₂O₇**) en milieu acidifié par acide sulfurique (**H₂SO₄**), en présence de sulfate d'argent (**Ag₂SO₄**) et de sulfate de mercure (**HgSO₄**).

Les réactifs employés pour la détermination de la **DCO** sont les kits (**LCK 314**) dont la gamme est comprise entre (**15 à 150 mg/l**) pour les faibles concentrations, et les kits (**LCK 514**) gamme (**100 à 2000 mg/l**) pour les fortes concentrations

La procédure de mesure (fig. n° 17) consiste à :

- ✓ Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- ✓ Agiter et Placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer pendant deux heures à 148°C.
- ✓ Laisser refroidir à température ambiante.
- ✓ Faire la lecture la concentration de la DCO directement dans spectrophotomètre DR 2800.

La teneur en **DCO** est donnée en mg/l.



Figure n° 17 : Appareils de mesure de la DCO

3.3.6- La demande Biochimique en Oxygène (DBO) :

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq **(5) jours**. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une **OXI TOP**.

La détermination de la **DCO** est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la **DBO5**.

Le volume de la prise d'essai (**DBO5**) = **DCO (mg/l) × 0.80**, pour les eaux urbaines.

On introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau en fonction de la valeur de **DCO** et on multiplie dans le facteur correspondant pour avoir le résultat final exprimé en mg/l.

Tableau (4) : Intervalles de mesure de la DBO5.

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0 - 40	432	1
Faible	0 - 80	365	2
Moyenne	0 - 200	250	5
Plus que moyenne	0 - 400	164	10
Un peu chargée	0 - 800	97	20
Chargée	0 - 2000	43.5	50
Très chargée	0 - 4000	22.7	100

3.4- Analyse des paramètres bactériologiques :

Les analyses des paramètres bactériologiques effectués sur les échantillons d'eaux usées brutes et épurées ont fait l'objet d'un dénombrement des germes indicateurs d'une contamination fécale. Les germes recherchés sont:

- Les coliformes totaux et fécaux (**CT** et **CF**) ;
- Entérocoques (streptocoques fécaux : **SF**) ;
- Des spores de clostridium anaérobie sulfite réducteurs (**CS-R**).

Il existe plusieurs méthodes de détermination des indicateurs de pollution fécale, tel que la technique dite du nombre le plus probable (NPP) en tubes, la technique par filtration sur membrane et la technique par inclusion en gélose. Pour réaliser notre étude, on a opté pour le dénombrement indirect c'est-à-dire la méthode du nombre le plus probable (NPP).

3.4.1- Dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

Les bactéries coliformes) – bacilles gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence de sels biliaries ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à 37°C pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β – galactosité (FUNASA, 2013).

Les coliformes fécaux ou dits coliformes thermo-tolérants (CTT) appartiennent également au groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose mais à 44°C pendant 24 heures dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia*, d'origine fécale exclusivement. Elle est considérée aussi comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente.

Il est nécessaire d'effectuer des dilutions de décimales allant de 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux usées et des dilutions de 10^{-1} à 10^{-3} pour les eaux épurées pour réaliser cette analyse.

Il est indispensable d'ensemencer les tubes de bouillon lactosé bilié au ponce de brocrésol (BCPL) muni d'une cloche de Durham avec 01 ml de chaque dilution d'eau à analyser.

Seront considérés comme positif (+) après 24 à 48 heures d'incubation à 37°C; les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- ✓ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de *Mac Grady* NPP.

On procède alors à un test de confirmation (test de Mackenzie) à partir des tubes positifs.

Cette procédure appelée aussi « repiquage », consiste à faire un ensemencement d'une eau peptonée et d'un tube de BCPL avec cloche puis incubation pendant 48 heures à 44 °C.

Si après la période d'incubation il y a une formation de gaz, cela indique la présence de coliformes thermo tolérants (voire **Figure n° 18**).

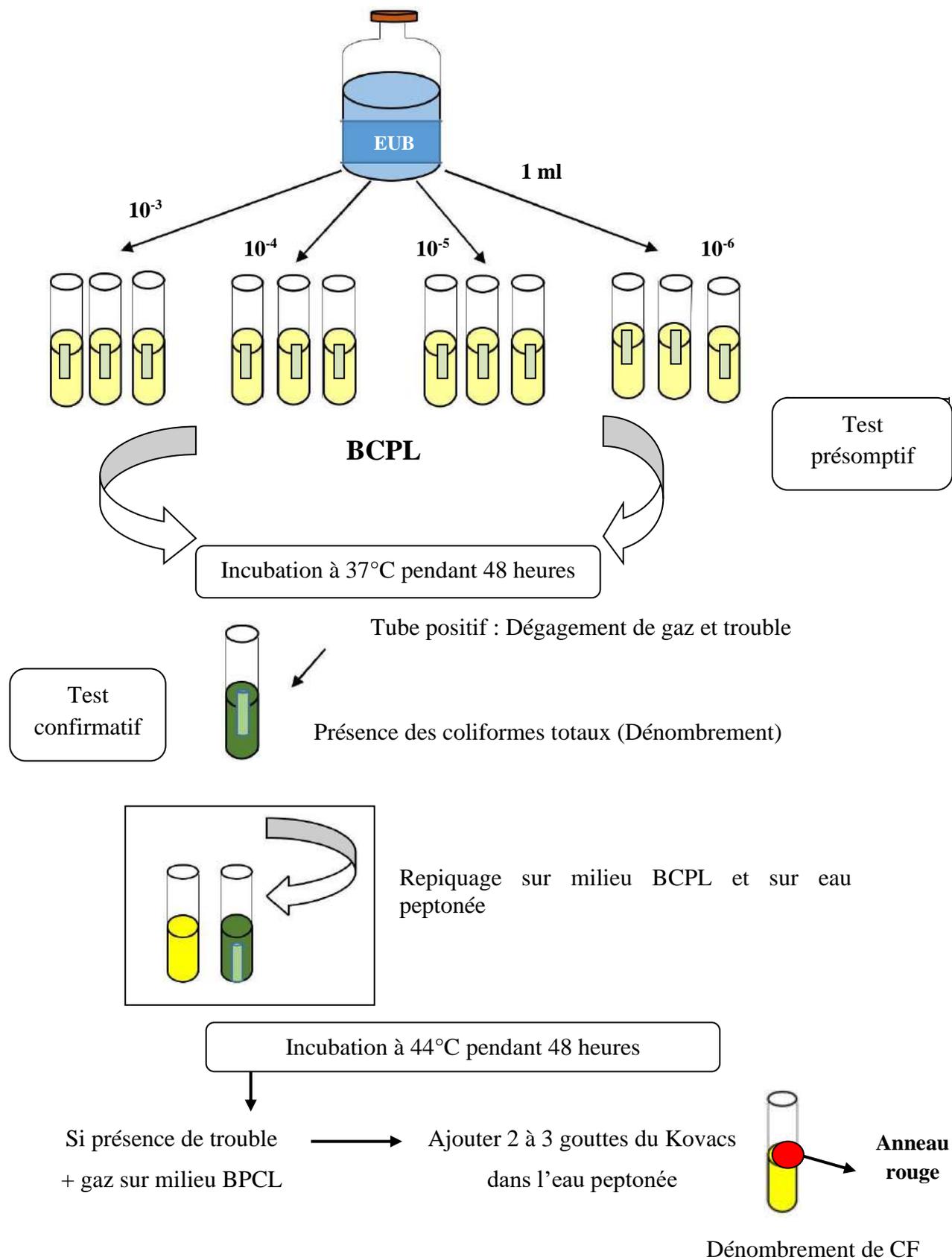


Figure n° 18 : Organigramme de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'EUB

3.4.2- Dénombrement des streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à Song chaud. Leur recherche est souvent associée à celle des coliformes fécaux, constitue un bon indice de contamination fécale qualifiée d'ancienne.

Ils se présentent sous formes cocci gram positif, formant des chainettes en milieu de culture liquide, catalase négative, capable d'hydrolyser l'esculine et cultiver à 44°C.

Il existe d'autre streptocoques intestinaux que ceux du groupe D. ces derniers comprennent les entérocoques et quelques streptococcies (*bovis/ equinus et alactolyticus*).

Les mêmes dilutions sont effectuées pour le dénombrement des Streptocoques fécaux.

Les entérocoques sont dénombrés de manière présomptive sur le milieu de Rothe simple concentration (**Rothe S/C**) à 37°C pendant **24 heures**. L'apparition d'un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu sur les tubes de Rothe signifie que le test est positif. On effectue alors un test confirmatif en réalisant des subcultures sur milieu Eva Litsky pendant **24 heures** à 37°C.

L'apparition d'une pastille violette est synonyme d'une culture positive et traduit la présence de streptocoques (**Figure n° 19**).

3.4.3- Dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteurs :

Ils sont parfois utilisés comme témoins très sensibles de pollution fécale car leur forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes thermo tolérants ou entérocoques, permettrait de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente.

Or, il existe une grande variété de *clostridium* aptes à réduire le sulfite en sulfure (*C. sporogenes, C. perfringens, C. fallax, etc...*), et ces espèces sont ubiquistes. De ce fait, il s'agit d'un indicateur de contamination fécale sensible mais trop peu spécifique.

Si l'intérêt de leur recherche est controversé pour la mise en évidence d'une pollution, la mise en évidence de leurs spores peut en revanche servir d'indicateur d'efficacité de filtration sur sable dans une station de traitement au même titre que les spores bactéries anaérobies sulfito-réductrices, qui sont toutefois plus simple, donc moins coûteuses à dénombrer (**ROBERT, 1999**).

La méthode du dénombrement est la suivante :

Elaborer un chauffage à 80°C, pendant 10 minutes des tubes contenant 1 ml de l'échantillon à analyser (une solution mère «SM» et des dilutions de 10⁻¹ et 10⁻² pour EUB sont réalisées, pour EUE la solution mère est suffisante), puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et de garder

seulement la forme sporulée des bactéries Sulfite Réductrices) (ATTAB, 2011). Additionner **20** gouttes de sulfite de sodium, 4 gouttes de Alun de fer et **20** ml de gélose viande foie (VF).

Mélanger soigneusement en évitant l'introduction de l'air. Laisser solidifier, puis incuber à **37°C** pendant 48 heures avec une première lecture après **16 heures** d'incubation.

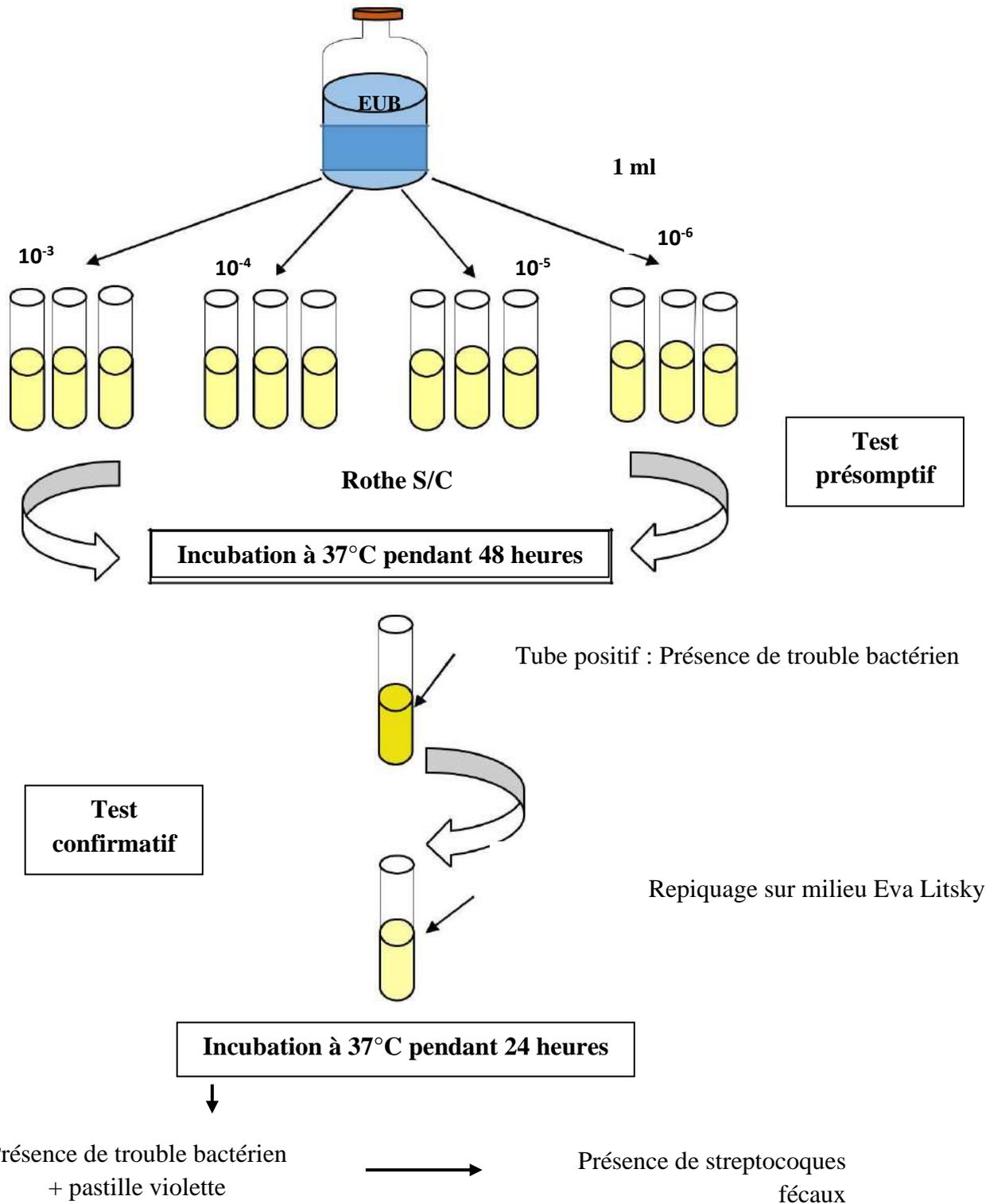
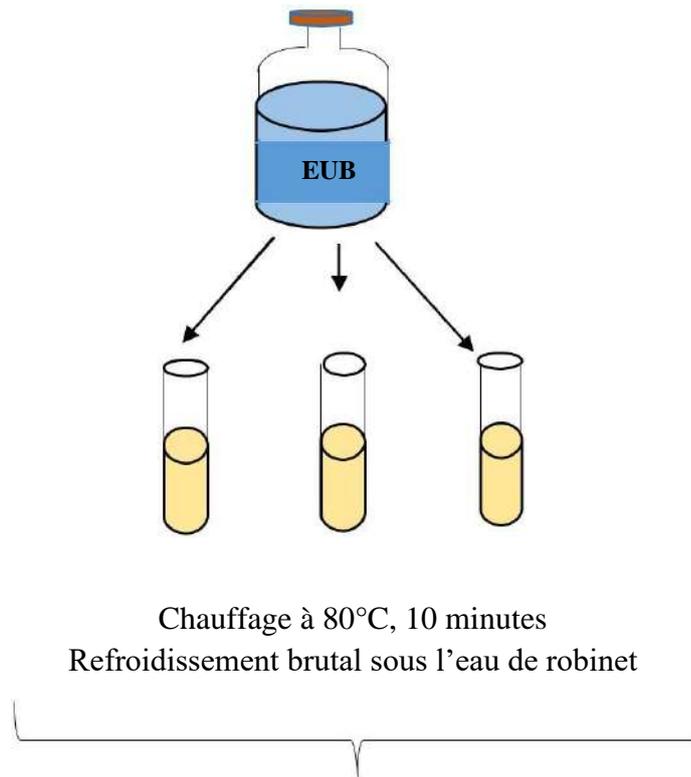
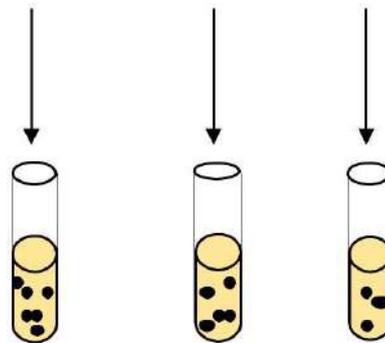


Figure n° 19 : Organigramme de la recherche et dénombrement des *streptocoques* fécaux dans l'EUB



Ajouter l'Alun de fer, sulfite de sodium et le milieu VF
Laisser solidifier puis incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures



Présence des spores de clostridium sulfito-réducteurs

Figure n° 20 : Organigramme de la recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteurs dans l'EUB

3.4.4- Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

Dans cette analyse nous avons utilisé le milieu Sabouraud pour l'isolement des levures et moisissures.

Le mode opératoire s'effectue en coulant les boîtes de Pétri par la gélose Sabouraud et laisser solidifier. On prélève une prise d'essai de 1 ml de l'échantillon à analyser et de ses dilutions et on ensemence en surface de la boîte.

On procède de la même façon, pour les différentes dilutions : 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et on Incube à 20 - 25 °C pendant 7 jours.

Après incubation, les colonies sont comptées. En effet, les moisissures se distinguent des levures par leur morphologie car elles ont un aspect duveteux.

3.4.5- Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobic totale :

Les microorganismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif gélosé défini non sélectif incubé à 37°C pendant 24 heures. Ils apparaissent sous forme de colonies de tailles et de formes différentes.

Pour leur recherche on introduit 1 ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri (deux boîtes de Pétri sont ensemencées par dilution), puis on coule le milieu gélosé fondu au préalable au bain marie et maintenu à 45°C. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

Le comptage des germes contenus dans 1 ml d'échantillon n'est autre que le nombre de colonies comptées, multiplié par l'inverse du rapportée de dilution. Le nombre de germes totaux retenu est la moyenne arithmétique du nombre de germes trouvés pour les différentes dilutions. Les résultats sont exprimés en nombre d'unités formant colonies (U.F.C) par millilitre d'eau analysée.



Résultats et discussion

Dans ce dernier chapitre, on va présenter les résultats d'analyses des paramètres physicochimiques et bactériologiques pour la filière eau, à l'entrée (EUB) et à la sortie de la STEP (EUE), qu'on a effectuées pendant notre période d'étude.

Ces résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation qui permettra de cibler les éventuelles anomalies qui peuvent exister et être à l'origine de dysfonctionnement des procédés du traitement adopté.

Nos résultats ont été comparés aux normes algériennes en vigueur, notamment le décret exécutif 06-141 définissant les valeurs limites du rejet dans le milieu récepteur et les résultats obtenu par (MANSOUS, 2010) afin d'évaluer l'efficacité du traitement au fil des années.

1- Résultats des analyses physicochimiques :

1.1- Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

La figure n°19 représente les variations mensuelles du pH de l'eau usée brute et épurée de la STEP durant la période d'étude.

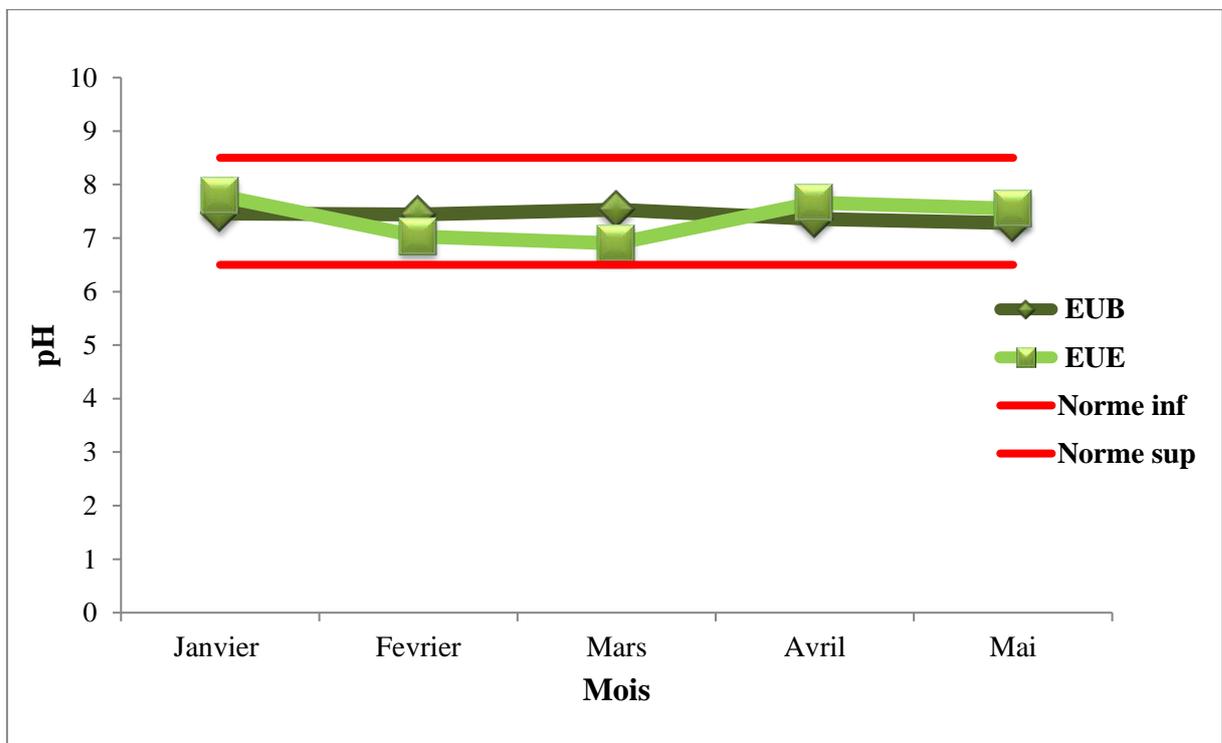


Figure n° 21 : Variation mensuel du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

On remarque que les valeurs du pH mesurées sont comprises entre 7,28 et 7,46 pour les eaux brutes avec une moyenne de 7,41, et entre 6,9 et 7,66 avec une moyenne de 7,39 pour les

eaux traitées. Ces valeurs de pH sont proches à la neutralité, ce qui favorise l'action bactérienne.

Ces valeurs obtenues sont semblables à celles obtenues par MANSOUS (2010) avec une moyenne de 7,60 pour les eaux brutes et 7,89 pour les eaux traitées.

Toutes les valeurs mesurées du pH sont comprise dans l'intervalle fixé par la norme Algérienne (6,5 – 8,5).

1.2- La température :

Jouant un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz, la détermination de la valeur de la température de l'eau s'avère très primordiale.

La figure n° 20 démontre les variations de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

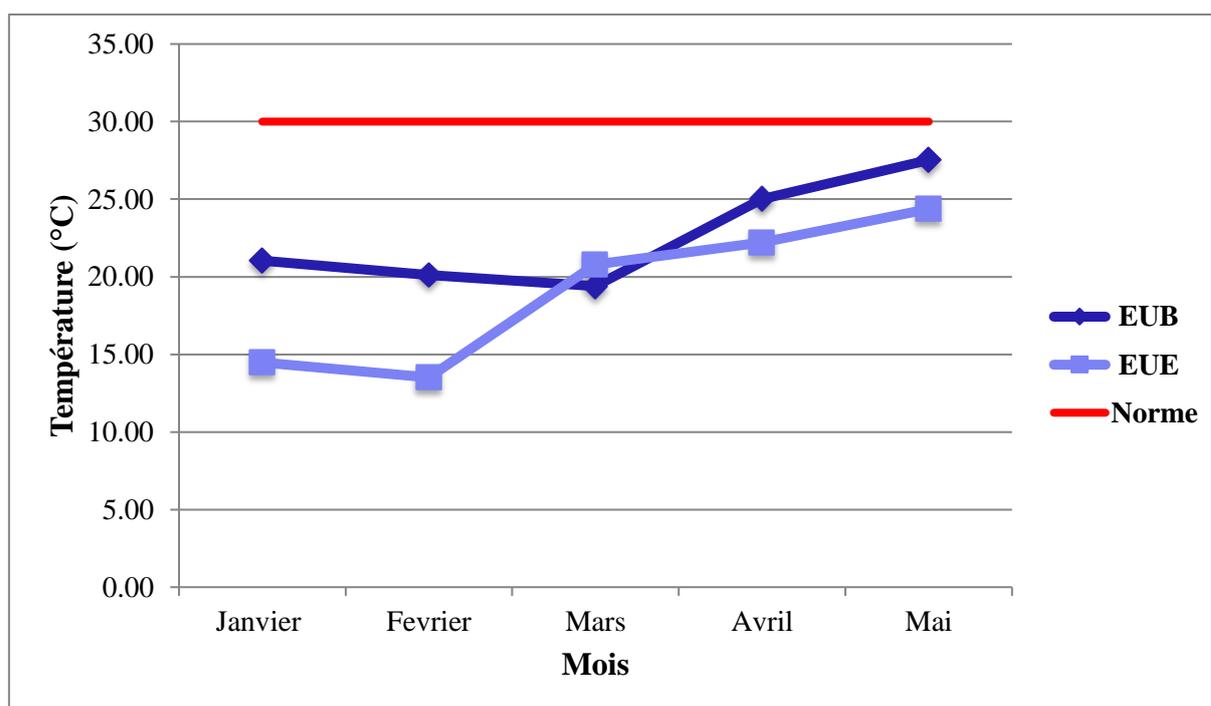


Figure n° 22 : Variation mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP

D'après les résultats obtenus, les valeurs de température sont plus ou moins proches. Elles se situent dans un intervalle qui va du minimum de 19,4 °C au maximum de 27,5 à l'entrée de la STEP avec une moyenne de 22,62 °C, et entre 13,5 °C et 24,3 °C avec une moyenne de 19,08 °C à la sortie.

Les températures de l'effluent traité reste inférieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes, cela peut être expliqué par la nature du système qui renferme des canalisations où

le développement des organismes anaérobies est favorable, et c'est leur activité fermentescible qui est à l'origine du dégagement d'énergie. Les températures enregistrées sont similaires à celles obtenues par MANSOUS en 2010 (22,12 °C pour les eaux brutes et 18,56 °C pour les eaux épurées).

Outre, les températures enregistrées évoluent au cours des mois et atteignent la plus haute valeur durant la période d'étude en mois de Mai. Cette variation est en fonction du climat et ces valeurs sont influencées par la température atmosphérique, mais elles ne dépassent pas la norme de l'OMS et la celle algérienne fixée à 30 °C (OMS ; JORA, 2013).

✚ Le pH alcalin et la température modérée constituent des conditions de milieu idéale pour la prolifération des microorganismes qui instaurent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique, ce qui conduit à la décontamination de l'eau (REYSSAC & al, 1995).

1.3- La conductivité électrique et salinité :

Les valeurs de la conductivité et de la salinité enregistrées pendant notre étude sont illustrées dans les figures 21 et 22 suivantes.

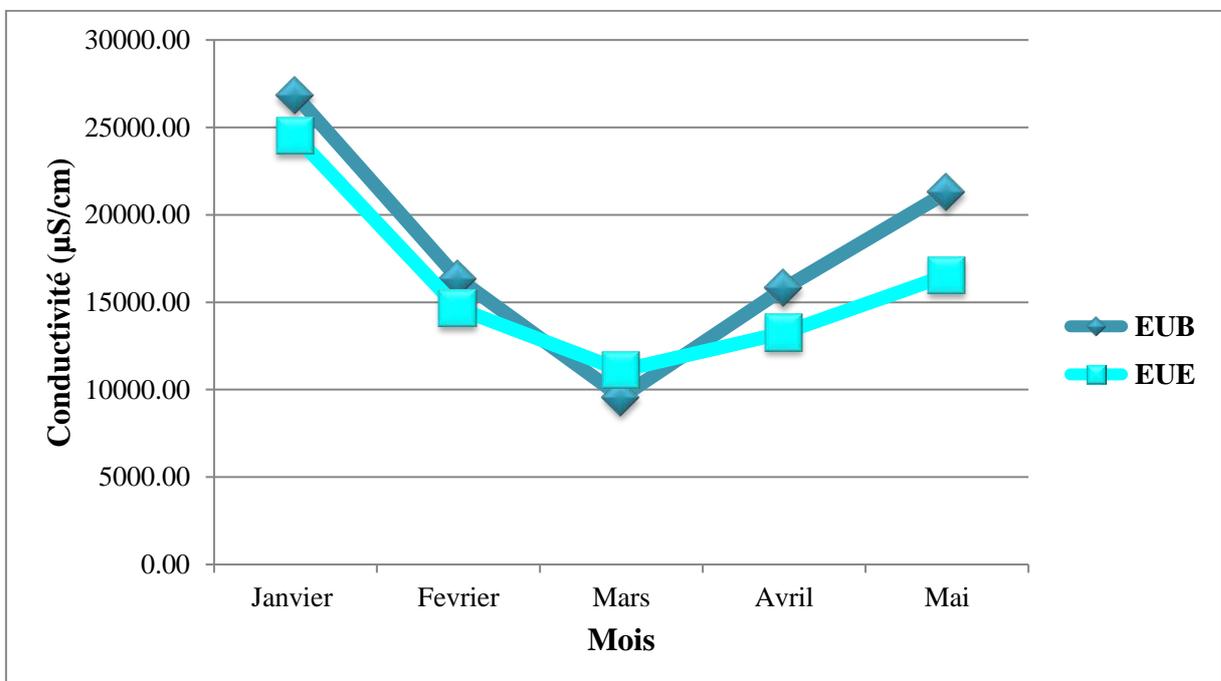


Figure n° 23 : Variation mensuel de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP

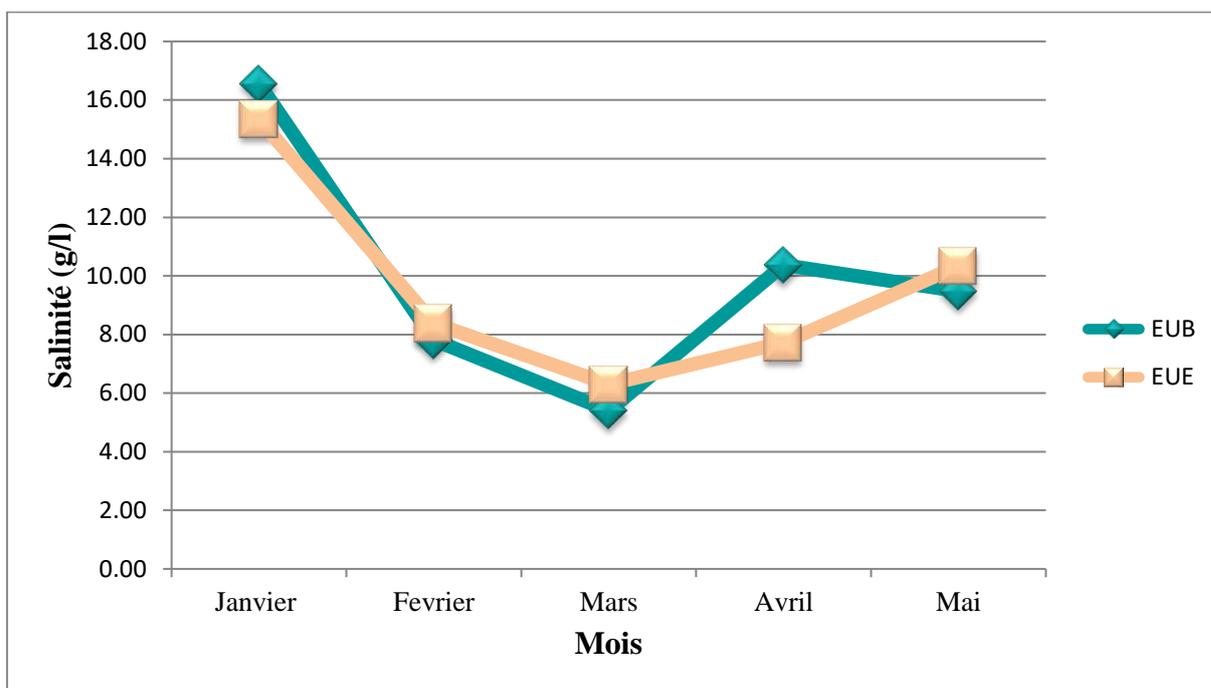


Figure n° 24 : Variation mensuel de la salinité à l'entrée et à la sortie de la STEP

D'après la figure n° 22 qui indique l'évolution de la conductivité électrique, celle-ci traduisant la concentration des sels dissous dans une solution, est comprise entre 9570 et 26823 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux brutes, avec une moyenne de 17967 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et entre 11100 et 24498,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une moyenne de 16010,24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux traitées.

Ces grandes valeurs enregistrées indiquent une forte minéralisation dans eaux brutes et des eaux épurées (conductivité > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = minéralisation excessive) (**LADJEL, 2006**). Les valeurs de salinité durant la même période en sont les témoins.

En effet, le taux de salinité pour ces eaux reste très élevé avec une moyenne de 9,92 g/l pour l'effluent brut et 9,62 g/l pour l'effluent traité, valeurs nettement supérieurs à celles obtenues par **MANSOUS** en 2010 (EB : 5,32 g/l – EE : 5,04 g/l). Ces taux élevés de salinité peuvent être expliqués par l'infiltration des eaux de drainage ou celles de la nappe phréatique dans le réseau d'assainissement.

Il est important de signaler aussi qu'un grand apport en sels est le résultat d'une infiltration d'eau saumâtre à travers le regard « P-Y 04 » relié à la station de pompage Saïd Otha puis à la STEP dont la valeur moyenne de salinité des eaux de ce regard est d'environ 230 g/l (**annexe 3**).

D'autres recherches et investigation s'avèrent nécessaires pour déterminer l'origine principale de ces eaux parasites (eau salée) entrante à la station d'épuration.

1.4- L'oxygène dissous :

Pour l'oxygène dissous, les valeurs obtenues montrent une fluctuation allant de 0,23 mg/l à 1,11 mg/l avec une moyenne de 0,63 mg/l pour les eaux brutes et de 0,1 à 2,34 mg/l pour les eaux traitées avec une moyenne de 1,26 mg/l. D'après la figure ci-après, les teneurs en O₂ dissous enregistrées à la sortie sont supérieures à celles de l'entrée.

Les valeurs de l'oxygène dissous à l'entrée de la STEP sont proches de celles obtenus par MANSOUS (2010) (0,86 mg/l) mais celles à la sortie sont nettement inférieurs (6,48 mg/l).

Les taux élevés à la sortie de la station sont dû à l'aération des eaux au niveau des lagunes biologiques, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques.

Le faible taux d'O₂ dissous enregistré à l'entrée, caractérisant une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganiques dissoutes ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface due à la présence des (graisses, des détergents...etc.)

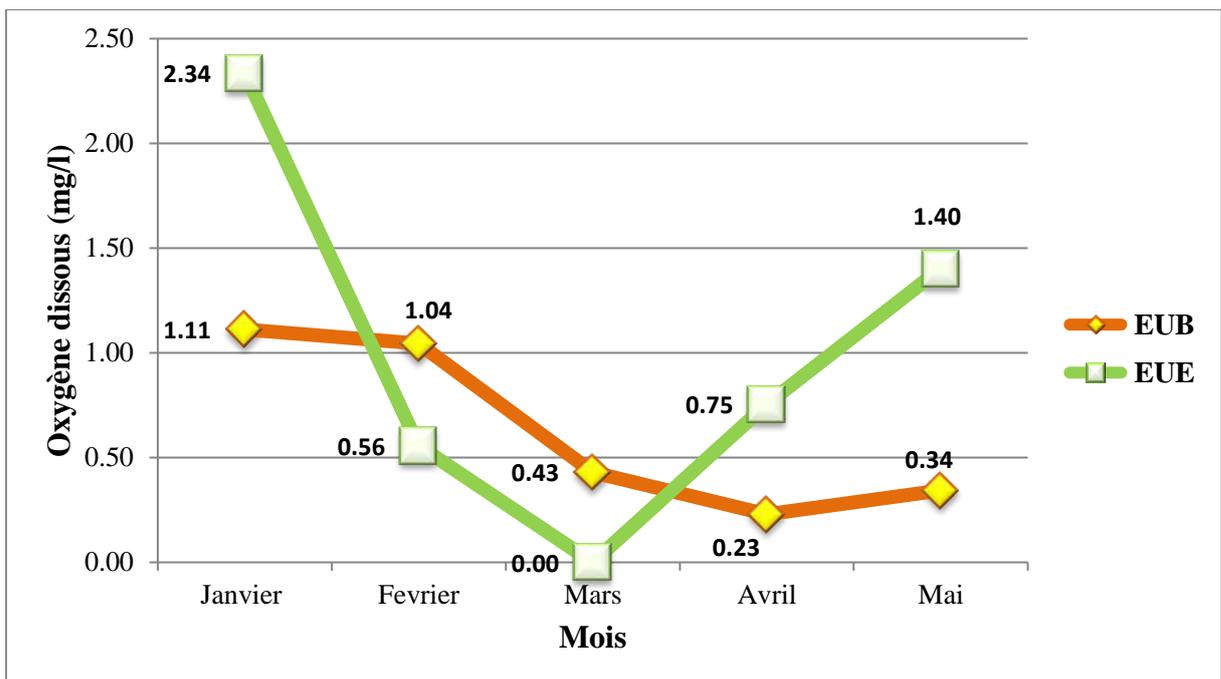


Figure n° 25 : Variation mensuelle de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP

1.5- Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) sont constitués en majeure partie de particules minérales et organiques de nature biodégradables.

Les valeurs de MES enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. La figure n° 24 montre ces variations.

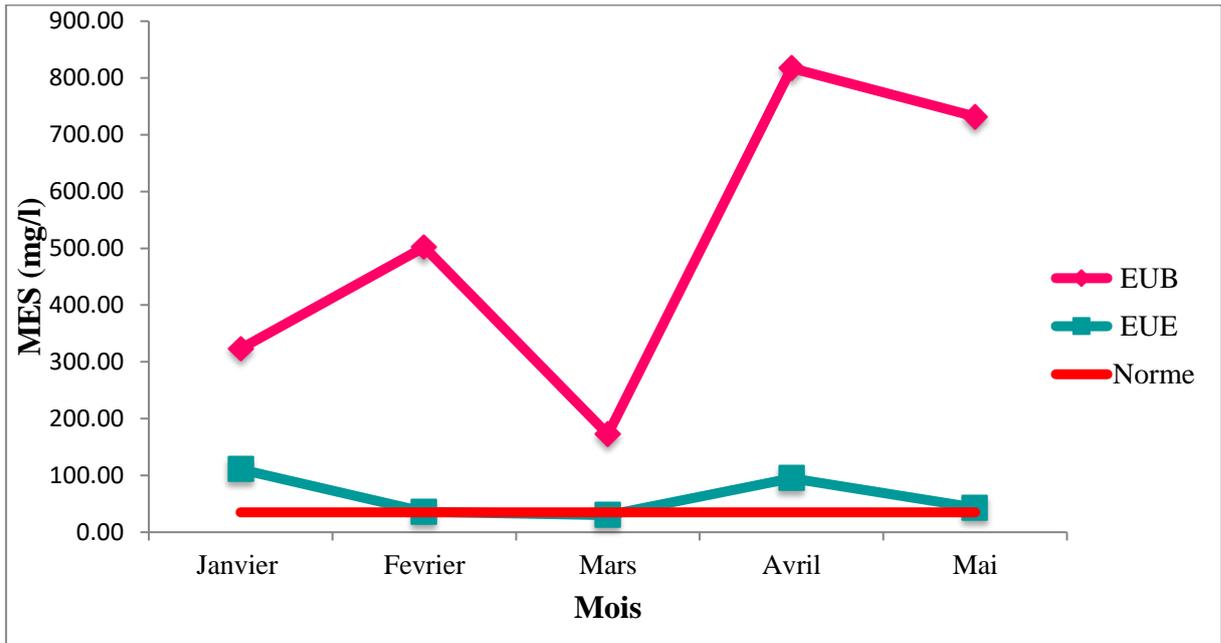


Figure n° 26 : Variation mensuel des matières en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les valeurs enregistrées situent entre 172,4 et 817,30 mg/l pour les eaux brutes avec une moyenne de 509,46 mg/l. En ce qui concerne les eaux traitées, les valeurs des MES varient entre 30 et 110 mg/l avec une moyenne de 62,93 mg/l.

Les MES obtenues à la sortie de la station sont un peu supérieur à celles de MANSOUS (2010) dont la moyenne était de 53,32 mg/l.

Ces valeurs restent relativement élevées sont supérieurs à la valeur limite fixé par la norme Algérienne de 35 mg/l (JORA, 2013) et l'OMS (30 mg/l), malgré le bon rendement épuratoire de 84,74% qui largement supérieur au rendement obtenue par MANSOUS en 2010 qui ne dépassa pas les 35% dans la même période.

Le taux élevé des MES à la sortie de la STEP est expliqué par présence des algues, notamment les algues microscopiques (en suspension) qui sont considérés comme des MES. Mais aussi aux vents qui caractérisent cette période de l'année, et les excréments des oiseaux qui visitent le bassin de sortie de temps en temps. Ces résultats sont obtenus aussi par (OUNOKI ET ACHOUR, 2014).

1.6- La demande chimique en oxygène (DCO) :

La figure qui suit représente les variations de la concentration de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

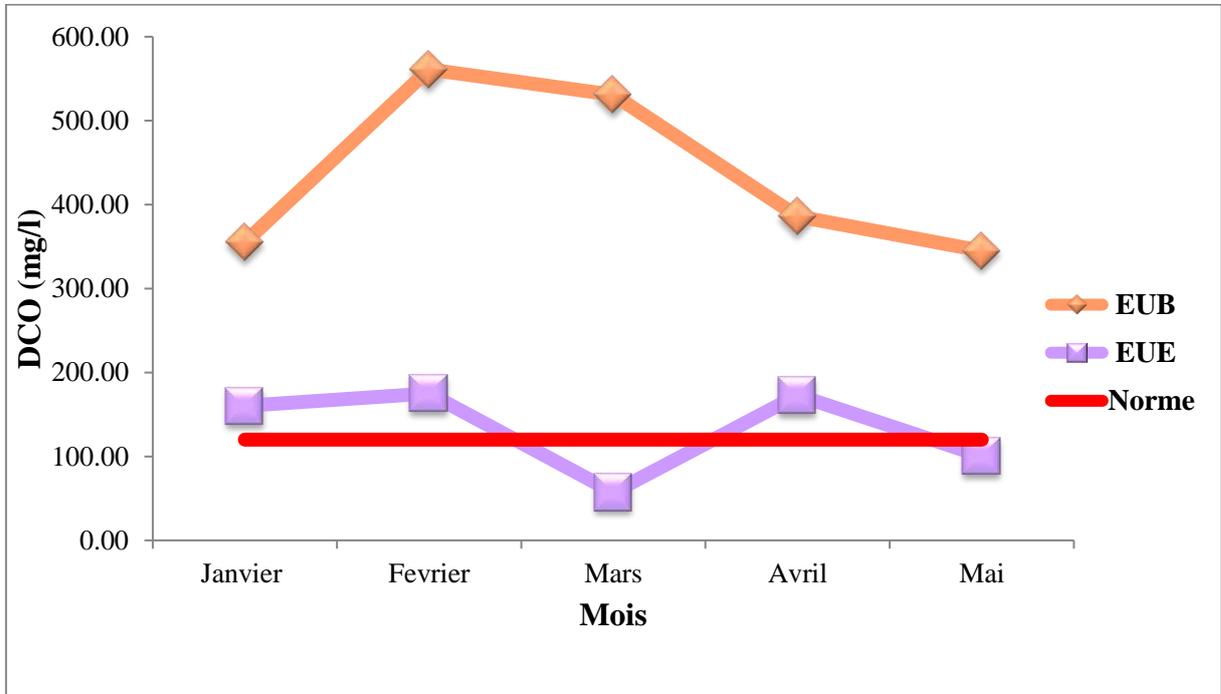


Figure n° 27 : Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP

On remarque que les valeurs enregistrées sont comprises entre 345 et 561 mg/l pour l'effluent brut. En revanche celles de l'eau épurée varient entre 57,2 et 172,8 mg/l avec une moyenne de 133,15 mg/l ; valeur supérieure à la norme fixée par la réglementation Algérienne qui est de 120 mg/l et nettement supérieure à la valeur obtenue en 2010 par MANSOUS.

Le taux d'abattement de la DCO est plus ou moins acceptable avec une moyenne ne dépassant pas 70 %, ce qui est légèrement en dessous du rendement minimum prévu lors de la conception de la station qui est de 75% et celui obtenu par MANSOUS en 2010 (82,05%).

La DCO est en étroite relation avec le la MES notamment sa nature organique ou minérale.

1.7- La demande biochimique en oxygène (DBO) :

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données (5 jours à 20 °C, à l'abri de la lumière et de l'air). On parle alors de **DBO₅**.

Les résultats que nous avons obtenus sont illustrés dans la figure suivante.

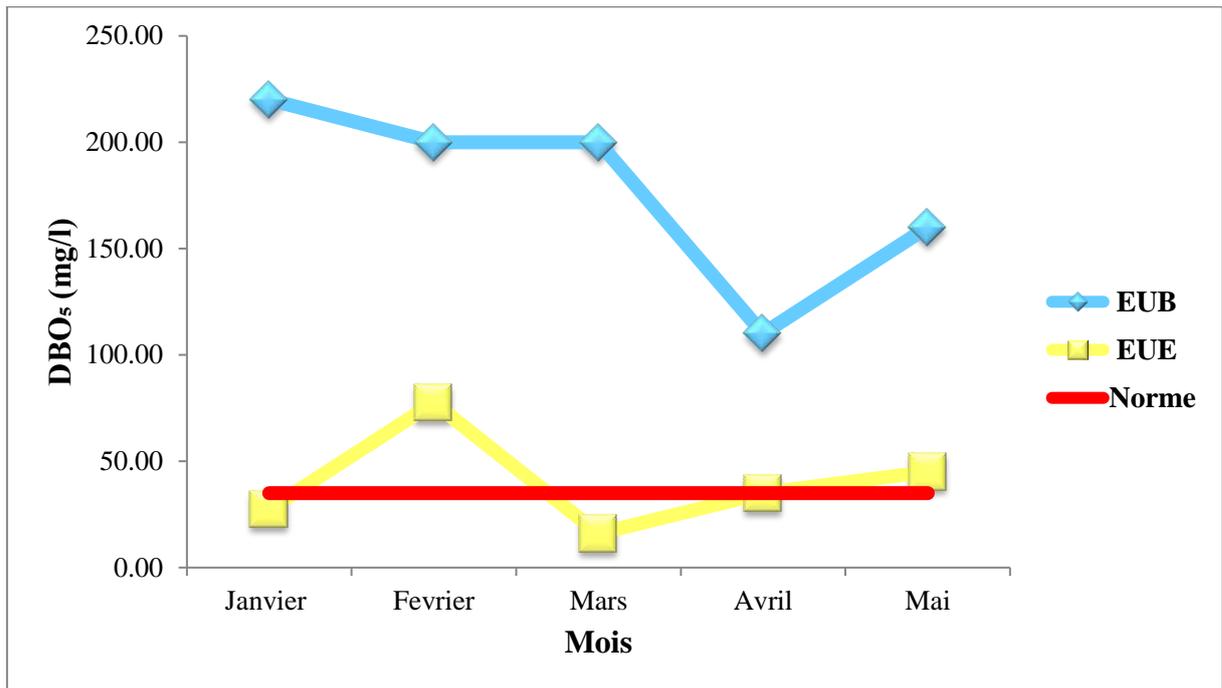


Figure n° 28 : Variation mensuel de la demande chimique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les valeurs enregistrées pour l'effluent brut sont comprise entre 110 et 220 mg/l, ces variations de valeur de la DBO₅ peuvent être expliquées par l'origine des eaux usées qui sont chargées en matières organiques biodégradables.

On ce qui concerne l'effluent traité, les valeurs obtenues sont comprises entre 16 et 77,5 mg/l avec une moyenne de 40,2 mg/l. Ces valeurs sont proches de celle décrite par le journal officiel algérien qui est de l'ordre de 35 mg/l.

Ces résultats sont supérieurs à celles trouvées par (MANSOUS, 2010) et similaires à celles d' (OUNOKI ET ACHOUR, 2014).

Le rendement moyen d'abattement de la DBO₅ est estimé à 76 %, valeur similaire à celle de MANSOUS (77,24%) et inférieur au rendement minimum de la station de 84 %. Néanmoins, on peut dire qu'il ya une diminution de la charge polluante et donc une biodégradable de la matière organique plus ou moins bonne.

L'augmentation de la concentration de la DBO₅ de l'eau épurée est en relation avec la charge en matière organique biodégradables d'après BLIEFERT ET PERRAUD (2009), elle est associée au maximum du développement de l'abondance bactérienne et une diminution de la teneur en oxygène suite à la consommation de ce dernier par les micro-organismes.

1.8- Coefficient de biodégradabilité :

Le rapport entre la DCO et la DBO5 permet d'évaluer la biodégradabilité de l'effluent à l'entrée de la STEP. En effet ce rapport varie entre 1,65 à 2,37. Ainsi, on obtient un coefficient de biodégradabilité moyen de $K=2,1$. Cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ($1,5 < K < 2,5$) (METAHRI, 2012).

En calculant le coefficient de biodégradabilité « K » on a obtenus des valeurs qui varient entre 2,23 et 5,83 avec une moyenne de 3,77. Cela signifie que les matières oxydables sont non biodégradables vu que le coefficient « K » est supérieur à 3 ($K > 3$).

Un coefficient « K » très élevé peut traduire la présence d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne dans l'eau.

2- Résultats des analyses bactériologiques :

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux usées consiste en la recherche et le dénombrement à l'entrée et à la sortie de la STEP des germes choisis par l'OMS comme témoins de contamination fécale, qui sont les suivants : les *coliformes totaux* (CT) et *fécaux* (CF), les *Streptocoques fécaux* (SF) ainsi que les spores de *Clostridium sulfito réducteurs* (CS-R). Ainsi que la recherche des *staphylocoques* et des colonies de levures et moisissures.

La raison de ce choix demeure dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide (entre 24 et 48h).

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau () suivant.

Tableau (5) : Résultats des analyses bactériologiques :

Date du prélèvement	Type de l'effluent	CT g/ml	CF g/ml	SF UFC/ml	CS-R Spore/ml	FMAT UFC/ml	Staph. UFC/ml	Levures moisissures UFC/ml
03/04/2019	Eau brute	6.10^3	4.10^3	/	/	31000	300	2700
	Eau épurée	4.10^2	3.10^2	/	/	1440	100	225
14/04/2019	Eau brute	7.10^3	6.10^3	/	/	10666	200	3775
	Eau épurée	3.10^2	3.10^2	/	/	1633	100	333,33
25/04/2019	Eau brute	9.10^3	$1,2.10^4$	/	/	9900	200	2700
	Eau épurée	3.10^2	3.10^2	/	/	866	0	300

Nous remarquons à partir des analyses bactériologiques sur les eaux de la STEP, la présence des germes totaux et fécaux avec des teneurs assez élevés, ainsi que la présence en abondance de la *flore mésophile aérobie total* (FMAT) et la *staphylocoque* (staph.)

Les résultats présentés dans les figures suivantes montrent les fluctuations apparentes entre les eaux brutes et les eaux épurées.

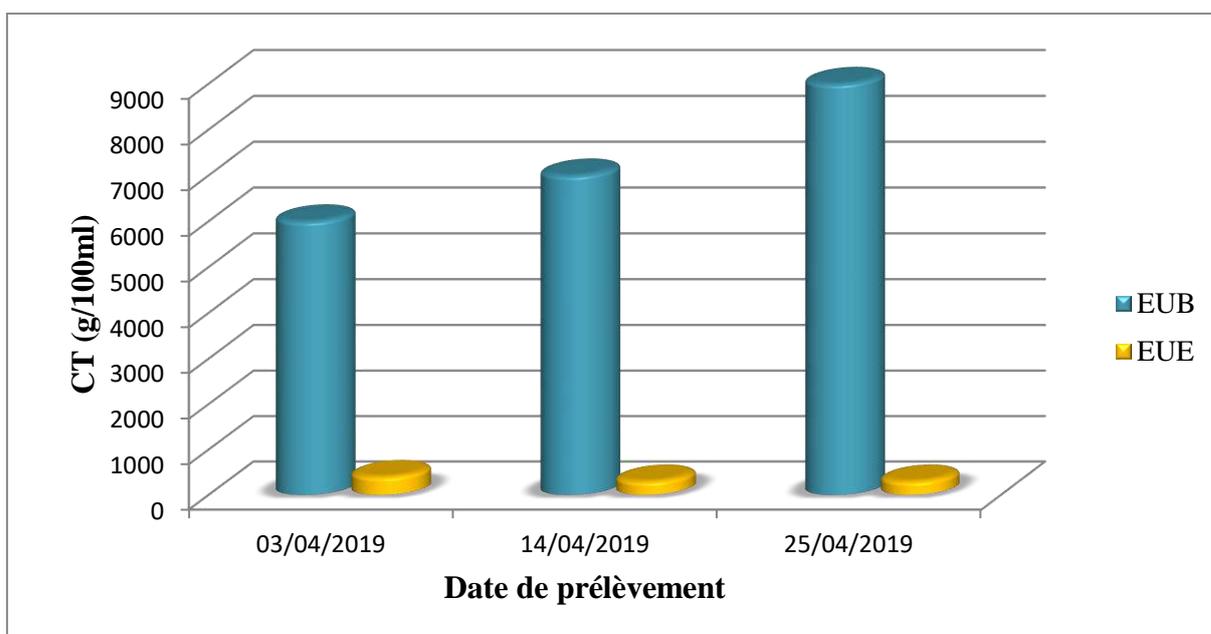


Figure n° 29 : Variation de la concentration moyenne des coliformes totaux

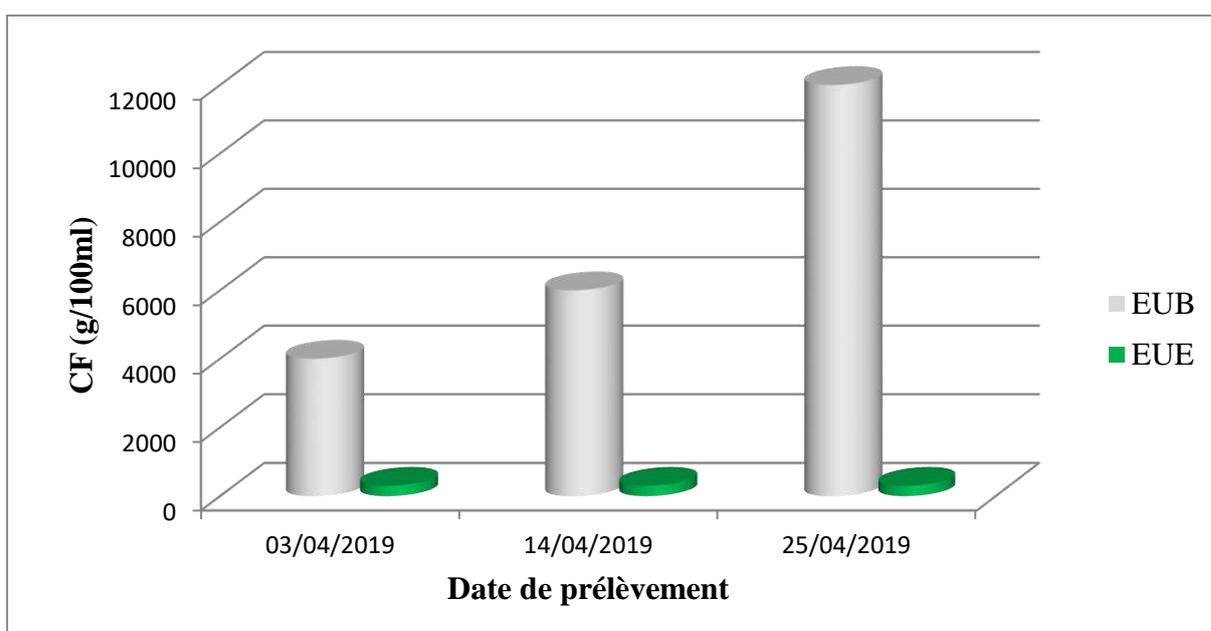


Figure n° 30 : Variation de la concentration moyenne des coliformes fécaux

La charge moyenne des eaux brutes en coliformes totaux (CT) est de l'ordre de $7,33.10^3$ germes/100 ml et de $7,33.10^3$ germes/100 ml pour les coliformes fécaux avec une hausse considérable pour le troisième échantillon où sa teneur a atteint $1,2.10^4$ germes/100 ml (voir fig. 29 et 30). Ces valeurs restent relativement élevées vu que les eaux usées sont considérées comme milieu favorable de développement et de prolifération bactérienne.

On ce qui concerne les eaux usées épurées, elles véhiculent une charge bactérienne inférieure à celle des eaux usées. Durant la période de notre étude, on a pu dénombrer une moyenne de $3,33.10^2$ germes/100 ml de coliformes totaux et 3.10^2 germes/100 ml de coliformes fécaux.

Les résultats concernant les CT et CF, à la sortie de la STEP, sont inférieurs aux normes décrites par l'OMS (Annexe 5) et similaires avec ceux d'EDDABRA, (2011) au Maroc-STEP L'Mzar ($1,52.10^2$ germes/100 ml) et d'OUNOUKI ET ACHOUR, (2014) à Ouargla – STEP Said Otba (84 g/100 ml, 62,5 germes/100 ml).

Le taux d'abattement des germes de coliformes totaux et fécaux dépassant les 95% dépend de la qualité microbiologique de l'effluent brute et témoigne de l'efficacité de la filière de traitement traduisant probablement les rôles favorables joués par le rayonnement solaire, la température et l'augmentation remarquable de la salinité ces derniers temps. En effet, dans le même ordre d'idée on démontre que les facteurs agissant directement sur l'élimination des bactéries sont le rayonnement solaire, le pH et la température de l'eau du bassin (BOUZIANI, M., 2000).

On note par ailleurs, l'absence des *streptocoques fécaux* et des spores de *clostridium* à l'entrée et à la sortie de la station.

On a pu aussi constater la présence de la flore mésophile aérobie totale, la *staphylocoque* et les levures et moisissures avec des taux d'abattement moyen de ces germes de 88,77%, 72,22% et 72,22% respectivement (Annexe 4).

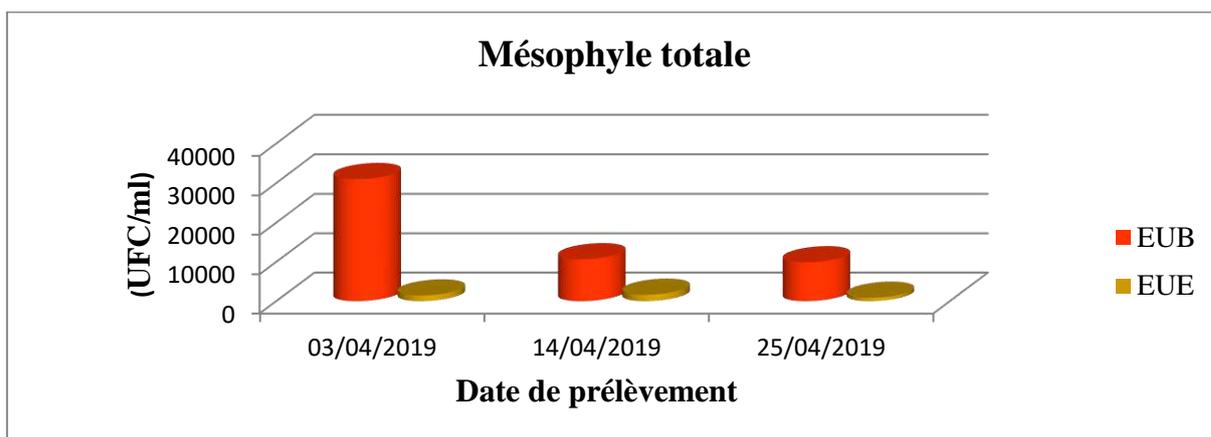


Figure n° 31 : Variation moyenne de la teneur en *Mésophile aérobie totale*

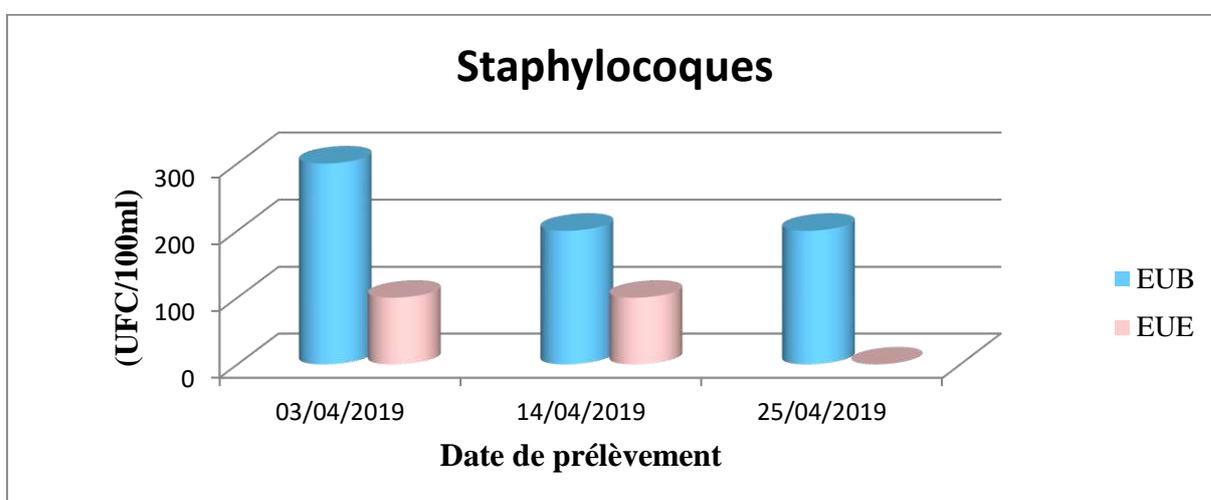


Figure n° 32 : Variation moyenne de la teneur en spores de *staphylocoques*

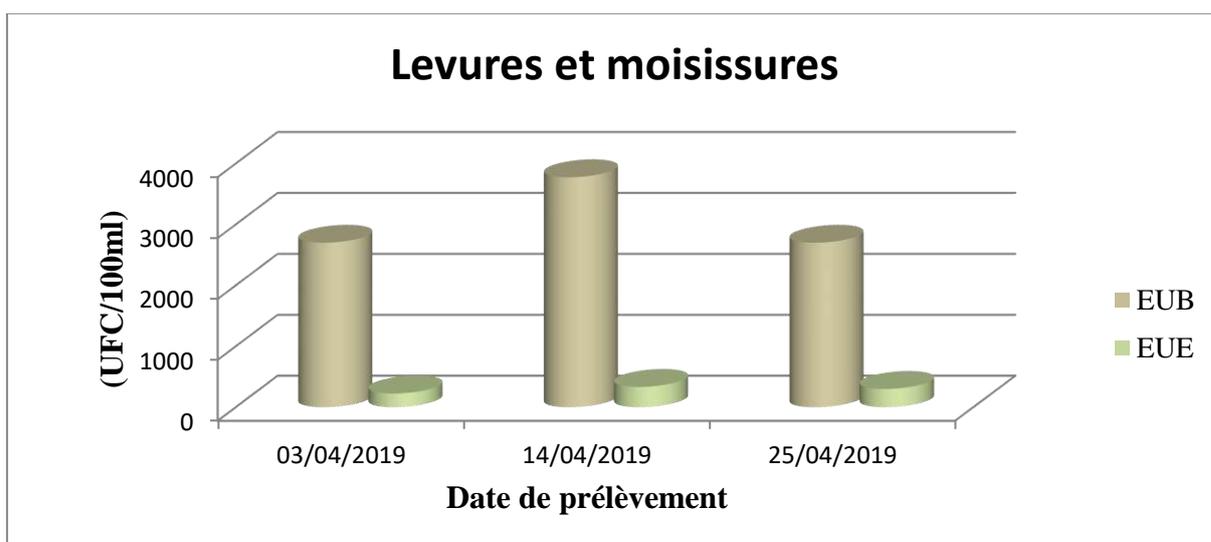


Figure n° 33 : Variation de la teneur moyenne des levures et moisissures

3- Evaluation de la qualité des eaux traitées de la STEP :

La qualité de l'eau est évaluée par la qualité physico-chimique et la qualité bactériologique. Elle est calculée à l'aide du système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ Eau, 2003) et a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) :

Classe I : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière, elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.

Classe II : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement, représentée en vert.

Classe III : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé, elle est représentée en jaune.

Classe IV : Polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique, elle est représentée en orange.

Classe V : Pollution excessive, elle est représentée en rouge.

Les valeurs moyennes obtenues durant notre étude sont réparties en cinq niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) et ont permis de classer les eaux épurées de la station Saïd Otba.

Tableau (6) : Grille de classification des eaux épurées de la STEP Saïd Otba.

Paramètres	très bonne	bonne	passable	mauvaise	très mauvaise
Température	< 20	20 - 21,5	21,5 - 25	25 - 28	> 28
pH	< 8	8 - 8,5	8,5 - 9	9 - 9,5	> 9
O ₂ dissous	8	6	4	3	< 3
MES	< 25	25-50	50 - 100	100 - 150	> 150
DBO ₅	< 3	3 - 6	6 - 10	10 - 25	> 25
DCO	< 20	20 - 30	30 - 40	40 - 80	> 80
Coliformes totaux (germe/ ml)	< 50	50 - 500	500 - 5000	5000 - 50 000	> 50 000
Coliformes fécaux (germe/ ml)	< 20	20 - 200	200 - 2000	2000 - 20 000	> 20 000
Streptocoques fécaux (germe/ ml)	< 20	20 - 200	200 - 2000	2000 - 20 000	> 20 000

(Source, SEQ EAU)

De cette classification, il ressort que l'eau analysée bascule d'une qualité passable (coliformes fécaux et streptocoques fécaux) à une qualité très mauvaise (O₂, DBO₅, DCO).

De manière générale on peut dire que l'eau épurée issue de la station d'épuration Saïd Otba est d'une mauvaise qualité.

4- Possibilité de réutilisation des eaux usées épurées :

Réutiliser les eaux d'une collectivité à des fins agricole consiste à récupérer les eaux d'égouts, après qu'elles aient été traitées dans une station d'épuration, à les stocker et à les utiliser par la suite pour irriguer des cultures ou arroser des espaces verts ou bien encore des terrains de sport.

Les eaux usées peuvent véhiculer un nombre important de microorganismes pathogènes. Si des précautions particulières ne sont pas prises, l'utilisation agricole des eaux résiduaires peut contribuer à la transmission des maladies d'origines hydriques.

L'objectif du traitement préalable à l'irrigation est précisément de réduire considérablement ou bien, d'éliminer en totalité, les risques sanitaires. Le traitement des eaux usées est indispensable et doit être adapté à la nature du milieu irrigué et au mode d'irrigation.

A cet égard, la réglementation relative à la réutilisation des eaux usées assainies, adopté par l'**OMS**, distingue trois (3) niveaux de qualité d'eau (**A**, **B** et **C**), en fonction de l'élimination des œufs de parasites et des coliformes fécaux (**tableau 7**).

Tableau (7) : niveau de qualité d'eaux usées, en vue de leur réutilisation, en fonction de la teneur en œufs d'helminthes et des coliformes thermotolérants.

Classe	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématothodes intestinaux (nombre d'œuf par litre – moyenne arithmétique)	Coliformes thermotolérants (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des parcs publics	Ouvrier agricoles, consommateurs, public	≤ 1	$\leq 10^3$
B	Irrigation de cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbre	Ouvrier agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet

Les analyses relatives au dénombrement des œufs d'helminthes non pas été effectuées lors de notre étude, c'est pourquoi la prononciation sur la possibilité de réutilisation des eaux épurées en prenant compte des teneurs de ce paramètre pour les classes « A » et « B », cité au dessus, ne peut être envisagé.

Cependant, une valorisation des eaux épurées peut être possible dans le cas de la catégorie « C », ou bien une irrigation localisée des cultures de la catégorie « B », tout en respectant les consignes d'exposition des ouvriers agricole (**JORA, 2012**) (**Annexe 8**).

En effet, la filière de traitement de la STEP a démontrée une efficacité notable dans l'élimination des germes fécaux avec un taux d'élimination de 95%, résultat assez satisfaisant et peut être pris en considération dans une réutilisation agricole du fait que leur teneur est conformes à celle décrite par l'**OMS (2013)**.

Autre critère important pour l'évaluation de la qualité d'une eau, dans la perspective d'un projet d'irrigation, est sa concentration en sels solubles. D'après la **FNDAE**, on estime que la concentration en sels de l'eau usée excède celle de l'eau potable de quelques 200 mg/l,

sauf dans le cas de pénétration d'eaux saumâtres dans les réseaux d'assainissement. Cette augmentation n'est pas susceptible, à elle seule, de compromettre une irrigation.

RICHARDS en 1969, à établi une échelle de qualité des eaux destinées à d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par la conductivité électrique (**tableau 6**).

Tableau (8) : Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation (**FABY, 1997**).

Qualité de l'eau	Conductivité de l'eau ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sels correspondants estimés en Na Cl (mg/l)
Excellente	250	< 160
Faible salinité	250 – 750	160 – 500
Forte salinité	750 – 2250	500 – 1500
Très forte salinité	2250 - 5000	1500 – 3600

En dessous de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, il n'y a pratiquement pas de culture dont le rendement soit affecté par la salinité. Entre 700 et 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, le maintien des rendements est encore possible avec des façons culturales adéquates, et c'est la valeur limite admissible par la réglementation algérienne (**JORA, 2012**) (**Annexe 6**).

Les résultats que nous avons obtenus, montrent une instabilité avec une teneur moyenne de 16 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est sont nettement supérieur à la norme indiquée précédemment.

Il convient de dire alors, qu'une éventuelle possibilité de réutilisation des eaux épurées issues de la STEP Ouargla, n'est pas envisageable à l'heure actuelle et dépend de l'élimination de la source d'infiltration des eaux saumâtres dans le réseau d'assainissement, malgré que la tolérance du palmier est élevée et s'élève à 15 mS/cm soit 15000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**DURAND, 1958**).

5- Impact sur le milieu récepteur – Sabkhet Sefioune :

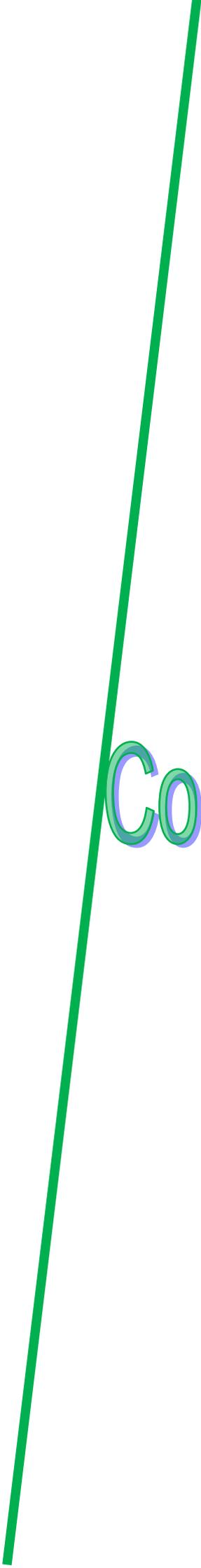
Les eaux usées épurées issus de la STEP sont drainées depuis l'année 2009 à une distance de 42 Km vers Sebket Sefioune. Cette dernière est considérée comme une zone humide et sa préservation est d'une importance à ne pas négliger.

D'après **BOUAMEUR** et **GHERBI** (2018), utilisant le système d'information géographique (SIG), la dynamique des eaux de surface a augmentée en passant de **2000 ha** en l'an **2000** à **160000 ha** en **2018**, cela est lié à la hausse des précipitations ces dernières année,

mais aussi au facteur anthropique de **2009**, qui a joué un rôle essentiel dans la croissance de la couverture des eaux d surface après l'évacuation des eaux traitées vers Sebkhet Sefioune.

Le couvert végétale à aussi augmenté de façon irrégulière due essentiellement à l'irrégularité du climat, mais il a connus une progression régulière ces cinq dernières années.

En ce qui concerne l'enrichissement en sels de la solution du sol de la sebkha, **IDDER (1998)** a considéré que cet apport n'est pas à craindre du fait que le milieu récepteur constitue déjà un lieu d'accumulation des sels et une zone d'épandage naturelle. Néanmoins, les constatations des valeurs de la salinité dépassent largement la teneur initiale d'où le risque d'une modification probable sur la faune et la flore a long terme.



Conclusion générale

Les dernières années ont été marquées en Algérie par un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances.

Il nous a été donné une occasion fabuleuse de côtoyer de près les différents acteurs d'un important programme de protection de l'environnement et du développement durable. Il a été aussi une opportunité inestimable d'asseoir nos connaissances théoriques et d'en acquérir d'autres d'ordre technico-pratique dans le domaine du traitement des eaux usées, que ce soit en amont ou en aval d'une longue série de mesures quantitatives et qualitatives.

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité physicochimique et microbiologique des eaux usées brutes puis les eaux usées épurées admises à la station d'épuration par lagunage aéré de la ville Ouargla, Algérie, à travers l'application de paramètres approuvés théoriquement.

Lors des diverses expériences réalisées sur les lieux de la station d'épuration et le laboratoire de l'université Ouargla nous avons touché de près à tout ce qui se fait habituellement comme analyses des effluents liquides.

Du point de vue bactériologique, les résultats que nous avons obtenus dans les cinq mois de travail, pour l'effluent brut, montrent que ce dernier véhicule une charge bactérienne importante, témoignant d'une contamination fécale. Néanmoins, cette charge est éliminée au cours du traitement et la qualité microbiologique de l'effluent traité qui répond aux normes du journal officiel Algérien et aux recommandations de l'OMS en fait la preuve, et traduit les rôles prépondérants de l'insolation intense et de la température élevée, caractérisant la région d'étude, sur l'élimination de ce type de polluants.

Du point de vue physicochimique, Des rendements épuratoires relativement satisfaisants ont été constatés ; **76,8%** pour la **DCO**, **76,16%** pour la **DBO₅** et **84,74%** pour les **MES**, avec des moyennes mensuelles qui présentent des fluctuations remarquables dépassant dans certains cas les normes de rejet des effluents de lagunage aéré imposées par la législation Algérienne et de l'OMS. C'est le cas notamment des **MES** dont les valeurs élevées sont le résultat de la présence des algues dans les bassins et qui font augmenter d'avantage le taux des MES.

On a pu constater aussi, une augmentation accrue de la salinité des eaux de la station traduite par une conductivité électrique atteignant une moyenne de **16 mS/cm** rendant la valorisation de ces eaux dans le domaine agricole non envisageable à l'heure actuelle.

Les résultats préliminaires obtenus dans le cadre de cette étude nous permettent de penser que pour bénéficier du grand volume d'eau épurée rejetée par la station d'épuration, il suffit juste d'avoir cette volonté d'attirer l'attention des acteurs concernés, à savoir les responsables du secteur en ressources en eau, les pouvoirs publics ainsi que les agriculteurs.

Mais il faut d'abord penser à:

- ✓ faire plus de recherches et d'investigations afin de détecter la source exacte responsable de l'augmentation impressionnante des sels dans les eaux usées.
- ✓ Etaler l'étude sur une période plus longue avec plusieurs prélèvements.
- ✓ Compléter l'étude en faisant des essais de valorisation des eaux usées épurées et leur impact sur des cultures choisis.
- ✓ Faire des analyses bactériologiques plus avancées comme le dénombrement des œufs d'helminthes.
- ✓ Faire des études sur le milieu récepteur et en évaluer les impacts possibles de ces eaux.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

AÏSSANA S., (2014). Evaluation de la performance (physicochimique) de la station d'épuration de Kossodo. Mémoire professionnel de fin d'étude, université de Ouagadougou 28p.

ANDI 2013 ; Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

ATTAB S., (2011). Amélioration de la qualité microbiologique des eaux usées épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de Magister en Microbiologie Appliquée. Université Kasdi Merbah-Ouargla, pp.49-55.

AZAMI IDRISSE Y., ALEMAD A., ABOUBAKER S., DAIFI H, ELKHARRIM K., BELGHYTI D. (2015). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Azilal-Maroc. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11(3): 556-566.

B

BELAID N., (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat .Université de Sfax, Tunisie, pp.1-39.

BELGIORNO V., RIZZO L., FATTA D, DELLA ROCCA C., LOFRANO A., NIK OLAOU A., NADDEO V ET MERICS S., (2007). Review on endocrine disruptingemerging compounds in urban wasterwater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. *Desalination*, pp 215- 176.

BLIEFERT C., PERRAUD R., (2009). Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Deboeck, p 320.

BORDET, J., (2007). L'eau dans son environnement rural. Ed. *JOHANET*, Paris, 317 p.

BOUAMER NESRINE & GHARGUI ISLAM, (2018), Monitoring vegetation and surface water dynamics of Wadi M'ya using Earth Observation data. Université Ouargla, pp 98,99

BOUHREIRA, M., 2006. Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville d'ADRAR. Université kasdi merbah, p7.

BOUTAOUSE, H. BENMAAMAR, M. (2015). « Evaluation de la qualité des eaux des boues de la station d'épuration des eaux usées urbaine, en vue de leur revalorisation», mémoire pour l'obtention de diplôme Master 2, Génie de l'environnement, département Génie des procédés, Université A.MIRA – Bejaia.

BONTAUX J. 1994, « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielles », 2ème édition Lavoisier technique et documentation, p225.

BOUZIANI, M. (2000). L'eau: de la pénurie aux maladies. Editions Ibn-Khaldoun, Oran, Algérie. p 247.

BRENDAXIOMARAOCHOA-SALAZAR., 2008. Etude conjuguée géochimique /hydrologique des relations nappe-rivière dans une zone humide: cas de la zone humide alluviale de mannequin, France. Thèse doctorat. Université TOULOUSE III - paul sabatier .France. P243.

C

Catherine B., et Alain H., et Jean-M., (2008). Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, convention de partenariat ONEMA-Cemagref Domaine : Ecotechnologies et pollutions Action : 28, Réutilisation des eaux traitées.

CELINE PERNIN, (2003). Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.) Ecole doctorale: Sciences de l'environnement, MARSEILLE

CHAOUKI M. & AZIEZ Z. (2015). « Étude de La vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines (ZNS) de la région d'Ouargla, Sud-Est Algérien ». Université Ouargla, p 81.

CHEKIREB, I. & TERKI, I., 2009, « Etude comparative de la qualité phisicochimique des eaux de Oued Taza et Oued Kissir ». Université Jijel, p9.

CHETTOUH A. & HIDEB K., 2108. « Autoépuration du canal de transfert des eaux usées épurées (STEP de Ouargla-Sebkhet Sefioune) ». Université Ouargla, p19.

CPEPSC, 2007. (Commission de Protection des Eaux, de Patrimoine, de l'Environnement, du Sous sol et des Chiroptères) ; 1p.

D

DEGREMONT., (1995). Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition, tome 1 et 2, 1718 p.

DERONZIER, K. (2011). Les procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptées aux petites et moyennes collectivités. 2001. 44p.

DESJARDINS RAYMANDS, (1997). « **Traitement des eaux** »,deuxième édition, Montréal

DJEDDI H., (2007). Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Thèse de magister: Ecologie et environnement. Université frères Mentouri –Constantine, Algérie, p.76- 84.

DJERMAKOYE MOUSSA MOUMOUNI HAMSATOU, (2005). Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie.3eme édition BAMAKO. P536.

DUCHENE T. & VANIER C., (2002). Réflexion sur les paramètres de qualité exigée pour les rejets de stations d'épuration. Ingénieries N 28 Ed ; 60p.

DURAND J.H., (1983). Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. 338 p

DUTRIUX S., ONCLINX F., SQUILBIN M. & THRION A., (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Publications ; IGBN (Institut Bruxellois pour la gestion de l'eau).

E

EDDABRA R., (2011). Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du Grand Agadir: Isolement, caractérisation moléculaire et

antibiorésistance des espèces du genre *Vibrio*. Thèse de doctorat en microbiologie. Université Ibn Zohir et Université de Strasbourg, Agadir, p.34- 38.

ELHALOUANI H., PICOT B., CASELLAS C., PENA G. & BONTOUX J., (1993). Elimination de l'azote et du phosphore dans un lagunage à haut rendement, *Revue des Sciences de l'Eau*, 6 : 47-61.

EDELINE F., (1980). L'épuration biologique des eaux usées résiduaires : Théorie et Technologie, *CEBEDOC, Liège*, 299p.

EL BATIUI M., (2008). l'eau au moyen-Orient: entre gestion et instrumentalisation, mémoire de majister. Université de Béjaia, 217p.

F

FABY J.A. (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Document technique, FNADE, hors série n°11, 80pp.

FATHALLAH Z., EL KHARRIM K., FATHALLAH R, HBAIZ EM., HAMID C., AYYACH A., EL KHADMAOUI A., BELGHYTI D., (2014). Étude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière à Sidi Yahia el Gharb (Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, (20): 57- 69.

FNDAE,N° 11. l'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.p

FUNASA, (2013). fondation nationale de la santé ,MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE DE L'EAU 4ème édition brasilia, p 12- 13 .

G

GAUJOUS D., (1995). La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris, p17

GOMELLA C. ; GUERREE H., (1983) .Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : le traitement.- 2^e édition.- Paris : EYROLLES. 260 p.

H

HABIB R. & RHAZI O., (2007). Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Projet de fin d'étude de licence SV. Université de Cadi Ayyad Marrakech.

I

IDDER T., (1998). La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et technique de remédiation proposées. L'exemple de Ouargla.

J

JEAN-CLAUDE. B, (1983). Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur, pp 2-8.

JOLY B., REYNAUD A., (2003). Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edit. Techniques et Documentation. Paris, 356 p.

JULIA BAUDART & NATHALIE PANIE, (2014). Sources et devenir des micro-organismes pathogènes dans les environnements aquatiques ; Revue Francophone des Laboratoires. Volume 2014, Issue 459, February 2014, pp 29-39.

JORA. (2006/2012/2013). Journal Officiel de la République Algérienne de l'année 2006, 2012 et 2013.

K

KHAMIS AHMAT DJABAR, (2015). Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux usées de la station de pompage n° 4 (sp4) du réseau d'égout de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso), p12.

Konaté, Y., (2012). Cours de microbiologie et procédés biologiques d'épuration, Fondation 2iE, Ouagadougou-Burkina Faso, 2012, 154p.

Koné, D., (2002). Epuration des eaux usées par lagunage microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et du Centre : état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse de doctorat EPFL. Lausanne, Suisse, 170 p.

L

Ladjel F., (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p

LE HYARIC R., (2009). Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épurations. Thèse Doctorat l'Institut National des Sciences appliquées de Lyon, pp 30-34

LE MINOR L, POPOFF MY., (1987). Request for an opinion. Designation of *Salmonella enterica* sp. nov. nom., rev. as the type and only species of the genus *Salmonella*.

M

MANUEL DE BERGEY., 1984. Systematique bactériologie ; 9th edition, p533.

MENSOUS MOHAMED, 2010. Etude du système actuel de gestion des eaux usées dans l'oasis de Ouargla. Mémoire de magistère en biologie. Université de Ouargla, 140p.

MERABET SOUMIA., (2011). Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (chott Merouane et Ain el BEIDA), environnement et signes de dégradation. Mémoire magister. Université KASDI MERBAH. OUARGLA, p 171.

MEKHALIF FAIZA, (2009). réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister en chimie, Université de skikda.

MEOT B. & ALAMY Z. (1990). Les eaux usées urbaines. Réglementation des rejets urbains, traitement et finition par géo épuration. Note BRGM, p 5.

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, spécialité : Agronomie, université mouloud mammeri de tizi-ouzou, pp21- 23.

MBEUKAM KAMGANG ELISABETH., 2013. Evaluation de la qualité bactériologique et physico – chimique des eaux du lac municipal d'akonolinga. Département des sciences biologiques. (DI.P.E.S. II). Université de YAOUNDE I, p60.

M. DOSSO, (1980). Géochimie des sols sales et des eaux d'irrigation aménagement de la basse vallée de l'Euphrate en Syrie. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier de Toulouse.

O

ONA, (2019). Office Nationale de l'Assainissement, tableau de bord exploitation du mois de Janvier 2019, pp 2-3.

ONM, (2018). Office Nationale de la métrologie Ouargla.

OUNOKI S, ACHOUR S. (2014). Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, (20): pp 247- 258.

P

PERERA P. & BAUDOT B., (2001). Procédés extensifs d'épuration des eaux usées petites et moyennes collectivités. 2001. p 44.

PNUE / OMS., 1977. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, p168.

R

RADOUX M., (1995). Qualité et traitement des eaux. Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Station expérimentale de Viville. Bruxelles: FUL.- 153 p.

REFALO, 2007. Grands problèmes sanitaires et sociaux. E/servier, Masson Ed Paris, 193 p.

REYSSAC SJ, De La NOÛE J, PROULX D. (1995). Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier.p.118.

Richarde C., (1996). Les eaux; les bactéries; les hommes et les animaux; Edition Elsevier, Paris , p138.

RODIER J., (1996). L'analyse de l'eau 8e édition. Édition DUNOD.

ROBERT HELENE, (1999). Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BPL : exigences et conception d'un suivi adapté, mémoire de l'école nationale de la santé publique p 20.

S

SALGOT M. & HUERTAS E., (2006). Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater, Guideline for quality standards for water reuse in Europe, AQUAREC, EVK1-CT-2002-00130, Work package 2, Deliverable D15, 128p.

SAVARY P., (2003). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Technicité Ed ; 283 p.

SEQ EAU, (2003). Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Grille d'évaluation SEQ-EAU version 2. MEDD & agence de l'eau. 40 p.

SOU, Y. (2009). Recyclage des eaux usées en irrigation : potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols. Thèse de Doctorat à la faculté environnement naturel, architectural et construit, Laboratoire d'Eco hydrologie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), 16p.

SOUAK Fatima Zohra, (2009) (maitre de conférence à l'ENSSA « ex INSP), la politique de l'eau en algérie : valorisation et développement durable.

STELMAN J.M., (2000). Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. Volume II. International labour organization Ed ; 55. 30p.

STRABAG, 2008. Manuel d'exploitation- Station d'épuration des Eaux Usées Ouargla LOT 2, Annexe 5.

T

TOZE S., (1999). PCR and the detection of microbial pathogens in water and waste waters. *Water research*, 33(17): 3545–3556.

V

VON SPERTING, (2007). Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA publishing, London, P1.

W

WHO, UNEP, FAO, (2006). Guide lines for the safe use of wastewater, excreta and grey water. Volume 2: Wastewater in agriculture, 222p.

Y

YAO AKPO , (2006). Evaluation de la pollution des eaux uses domestiques collectées et traitées a la station d'épuration de camberene (dakar), Université Cheikhanta Diop de Dakar.



Annexes

Annexe 1: Résultats d'analyses physicochimiques

Mois	T (°C)		pH		Conductivité (µS/cm)		Salinité (g/l)		O ₂ (mg/l)	
	EUB	EUE	EUB	EUE	EUB	EUE	EUB	EUE	EUB	EUE
Janvier	21,04	14,48	7,46	7,79	26823,64	24498,23	16,56	15,35	1,11	2,34
Février	20,12	13,52	7,44	7,03	16350,00	14646,32	7,81	8,38	1,05	0,56
Mars	19,40	20,80	7,53	6,9	9570,00	11100,00	5,40	6,30	0,43	0,10
Avril	25,00	22,21	7,36	7,66	15796,57	13253,81	10,37	7,73	0,23	0,75
Mai	27,52	24,37	7,28	7,55	21295,24	16552,86	9,48	10,34	0,34	1,40

Mois	MES (mg/l)		DBO ₅ (mg/l)		DCO (mg/l)	
	EUB	EUE	EUB	EUE	EUB	EUE
Janvier	323,40	110,67	355,00	160,33	220,00	27,50
Février	502,20	36,00	561,00	175,00	200,00	77,50
Mars	172,40	30,00	531,00	57,2	200,00	16,00
Avril	817,30	95,00	386,00	172,80	110,00	35,00
Mai	732,00	43,00	345,00	100,40	160,00	45,00

Annexe 2: Rendements épuratoires (%)

Mois	MES (%)	DBO ₅ (%)	DCO (%)
Janvier	65,78	87,5	54,84
Février	92,83	61,25	68,81
Mars	82,60	92,00	89,23
Avril	88,38	68,18	55,23
Mai	94,13	71,88	70,90
Moyenne	84,74	76,16	67,80

Annexe 3 : tableau des résultats des valeurs moyennes de salinité (regard P-Y 04)

Désignation STATION	Paramètres			
	Température	conductivité	Salinité	Observation
	T°C	CE	S	
	°C	ms/cm	‰	
REGARD P-Y 04	18,50	208,00	219,00	11/07/2018
	18,30	226,00	202,00	11/08/2018
	20,00	377,00	270,00	11/06/2018

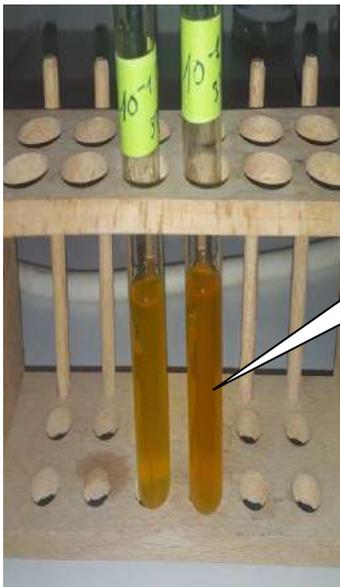
Annexe 4 : Taux d'abattement moyen des germes pathogènes (%)

Germes	CT	CF	SF	CS-R	FMAT	Staph.	Levures moisissures
Rendement moyen	95,27%	95%	/	/	88,77%	72,22%	72,22%

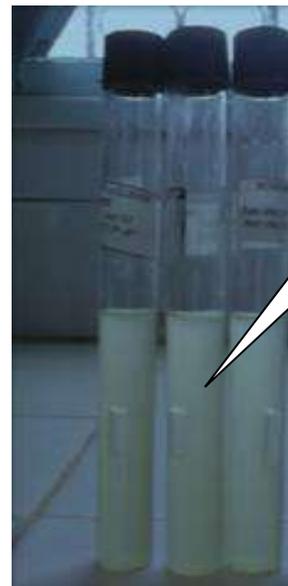
Annexe 5 : Tableau des valeurs limites de rejet dans un milieu récepteur (OMS, 2013)

Paramètres	Normes de l'OMS
Coliformes totaux	500 CT / 100 ml
Coliformes fécaux	2000 CF / 100 ml
Streptocoques fécaux	1000 SF / 100 ml
Clostridium sulfite-réducteur	/

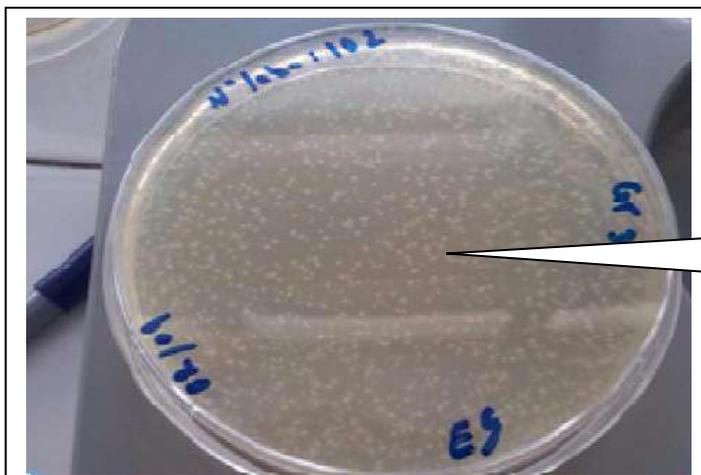
Annexe 6 : Résultats positifs de dénombrement des bactéries de contamination fécale



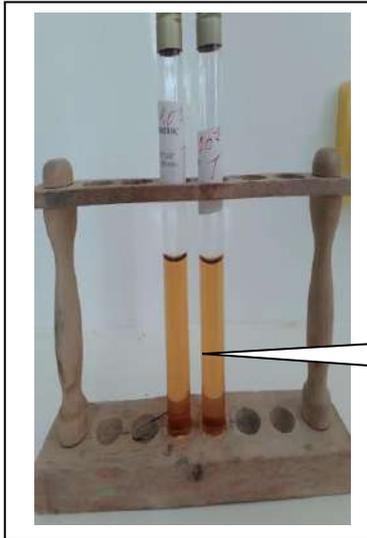
Dégagement de gaz + trouble



Coliformes fécaux positive dans les eaux traitées



Flore mésophile aérobie total
Dans les eaux usées
(PCA)



Absence de
Clostridium sulfite-réducteurs
dans les eaux traitées

Annexe 6 : tableau de spécification des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation selon le journal Officiel de la République Algérienne n° 41 du 15 juillet 2012

a) Paramètres physicochimiques :

	PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5

b) Paramètres microbiologiques :

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologique des eaux usées traitées de la STEP Ouargla

Résumé

La ville de Ouargla avait bénéficié d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage aéré, entrée en service depuis 2009, cette station vise à protéger l'environnement par la préservation du milieu récepteur, la production de nouvelles ressources en eau non conventionnelle et la valorisation agricole de cette ressource.

Durant cette étude qui s'étend de janvier à Mai 2019, des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de la STEP et celui de l'université, respectivement, afin de suivre les performances épuratoires de cette station, la possibilité de réutilisation des eaux épurées et les impacts possibles sur le milieu récepteur et l'agriculture.

Les résultats physicochimiques présentent des rendements épuratoires relativement satisfaisants de **84,74%** pour les **MES**, **76,8%** pour la **DCO** et **76,16%** pour la **DBO₅**. Malgré ça, le taux des MES reste élevé et dépasse la norme en raison de la prolifération massive des algues surtout dans le bassin de finition.

De plus, l'élévation accrue de la salinité exprimée par une conductivité moyenne de **16 mS/cm** rend la valorisation agricole des eaux épurée non envisageable à l'heure actuelle.

Ces résultats concordent avec une élimination maximale de la pollution bactérienne qui dépasse **95%**.

Mots clés : Eaux usées. qualité physicochimique. qualité microbiologique. performances. réutilisation.

Contribution to the study of the physicochemical and bacteriological parameters of treated wastewater from the Ouargla wastewater treatment plant

Abstract

The city of Ouargla had benefited from wastewater treatment plant by aerated lagoons, which has been in service since 2009, aims to protect the environment through the preservation of the receiving environment, the production of new unconventional water resources and the agricultural valorization of this resource.

During this study, physicochemical and microbiological analyzes were carried out at the laboratory of the Wastewater treatment plant and that of the university respectively in order to follow the purification performances of this station, the possibility of reuse of purified water end the possible impacts on the receiving environment and agriculture.

The physicochemical results show relatively satisfactory purification efficiencies of 84,74% for the suspended matter, **76,8%** for the **COD** and **76,16%** for the **BOD₅**. Despite this, the rate of matter remains high and exceeds the norm due to the massive proliferation of algae especially in the finishing pool.

In addition, the increased salinity increase expressed by an average conductivity of **16 mS/cm**, renders the agricultural valorization of treated water unimaginable at present.

These results are consistent with a maximum elimination of bacterial pollution that exceeds **95%**.

Key words: wastewater, physicochemical quality, microbiological quality, performance, reuses.

المساهمة في دراسة العوامل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه المستعملة المعالجة في محطة تصفية مياه الصرف بورقلة ملخص

استفادت مدينة ورقلة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق البحيرات الهوائية، والتي كانت تعمل منذ عام 2009، تهدف هذه المحطة إلى حماية البيئة من خلال الحفاظ على البيئة المستقبلية، وإنتاج موارد مائية غير تقليدية جديدة. وتتمين الزراعية لهذا المورد.

خلال هذه الدراسة، أجريت تحاليل فيزيوكيميائية و بكتريولوجية في مختبر محطة التصفية والجامعة على التوالي من أجل متابعة أداء تنقية هذه المحطة، وإمكانية إعادة استخدام المياه النقية والآثار المحتملة على البيئة المستقبلية والزراعة.

أظهرت النتائج الفيزيوكيميائية كفاءة تنقية مرضية نسبياً بلغت 84.74% للمواد العالقة و 76.8% للطلب الكيميائي على الأكسجين و 76.16% للطلب البيوكيميائي على الأكسجين. على الرغم من ذلك، فإن معدل المواد العالقة لا يزال مرتفعاً ويتجاوز المعيار بسبب الانتشار الهائل للطحالب خاصة في حوض التصفية النهائي.

إضافة إلى ذلك، فإن الزيادة في الملوحة التي يعبر عنها متوسط التوصيلية البالغة 16 مللي / سم تجعل تثمين المياه المعالجة من المياه غير قابلة للتصور في الوقت الحالي.

هذه النتائج تتفق مع الحد الأقصى للتخلص من التلوث الجرثومي الذي يتجاوز 95%.