

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Kasdi Merbah-Ouargla

Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière

Département de Chimie



Mémoire

Présenté pour l'Obtention du diplôme de Master Académique

Spécialité : Chimie

Option : Chimie de l'environnement

Présenté par : BELMOSTEFA Farah

Thème :

*Étude comparative de quatre procédés
d'épuration des eaux usées dans les stations
d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et
Témacine*

Soutenu publiquement le : 06 / 06 / 2022 devant le jury composé de:

ZAOUI Manel	MCA	UKM Ouargla	Présidente
CHAOUICHE Khaoula	MCB	UKM Ouargla	Examinatrice
DOUADI Ali	Pr	UKM Ouargla	Rapporteur

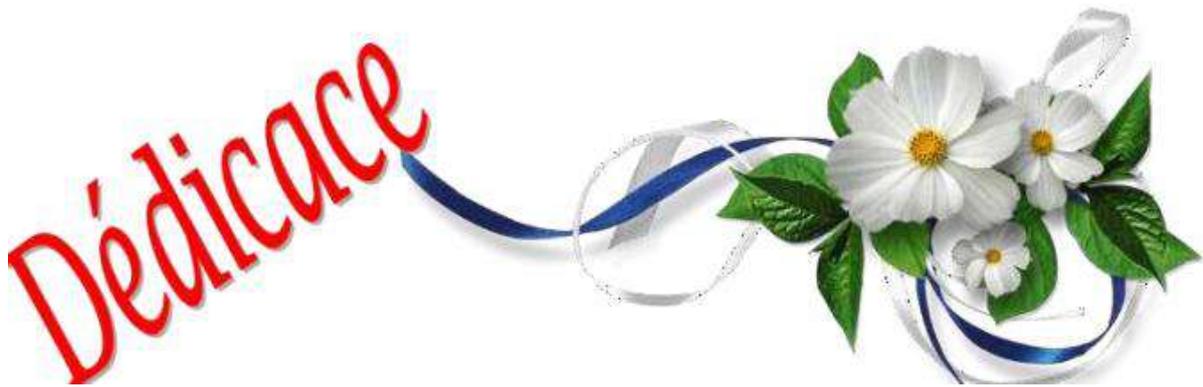
Année universitaire : 2021 / 2022

Dédicace

*J'exprime ma gratitude et mes
remerciements*

*les plus sincères et les plus Profonds à Dieu
tout puissant qui m'a donné la force et la
patience. Je dédie ce travail à :*

- ❖ *Mes parents.*
- ❖ *Mes frères et sœurs.*
- ❖ *Mes oncles et tantes.*
- ❖ *Mes cousins et cousines.*
- ❖ *Mes ami(e)s.*
- ❖ *Mes enseignant(e)s.*
- ❖ *A tous ceux qui me sont chers.*



Farah

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce travail.

Je tiens particulièrement à remercier mon promoteur **Pr DOUADI Ali** pour avoir accepté la charge d'être rapporteur de ce travail, je le remercie pour sa disponibilité, ses pertinents conseils et pour les efforts qu'il a consenti durant la réalisation de ce travail. Ce travail témoigne de sa confiance et de son soutien dans les moments les plus difficiles, qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de notre respect.

A cette même occasion je tiens à remercier Drs **CHAOUICHE Khaoula** et **ZAOUI Manel** pour avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit de leurs nombreuses autres obligations.

J'aimerais également exprimer ma gratitude à tous mes enseignants de graduation de l'université d'Ouargla, un grand merci pour vous: Saidat Mustapha, Zerrouki Hayat, Ben Menine Abd El-Kader, Bechki Lazher, Miloudi Mohamed, et que dieu vous bénisse.

J'adresse, enfin et surtout, ma plus profonde gratitude et tout mon amour à mes parents, mes sœurs et à tous les membres de la famille Belmostefa, qui ont su me faire confiance et me soutenir en toutes circonstances.

Liste des figures

<i>Liste des figures</i>		
	Titre	Page
Figure (II.01)	Le principe d'un lagunage aéré	16
Figure (II.02)	Les deux types de lagunes aérées	18
Figure (II.03)	Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel	20
Figure (II.04)	Schéma d'une station d'épuration à boues activées	22
Figure (III.01)	Carte géographique d'Ouargla	30
Figure (III.02)	Vue aérienne de la station d'épuration d'Ouargla	31
Figure (III.03)	Entrée des eaux usées à la station (bassin de dégazage)	32
Figure (III.04)	Dégrilleur dans la station d'Ouargla	32
Figure (III.05)	Dessableur dans la station d'Ouargla	33
Figure (III.06)	Lagune d'aération dans la station d'Ouargla	34
Figure (III.07)	Canales de transport des eaux usées (à gauche) et des eaux de drainage (à droite) Dans la station d'Ouargla	34
Figure (III.08)	Localisation géographique de la région de Ghardaïa	35
Figure (III.09)	La localisation géographique de la STEP de Ghardaïa	36
Figure (III.10)	Vue aérienne de la STEP de Ghardaïa	36
Figure (III.11)	Dispositif de criblage mécanique	38
Figure (III.12)	Réseau fixe dans le canal de dérivation	38
Figure (III.13)	Bassins de décantation et de sédimentation sableuse	38
Figure (III.14)	Sortie d'eau des bassins de sédimentation	38
Figure (III.15)	Bassins de traitement primaire et secondaire	39
Figure (III.16)	Photo d'un lit de déshydratation des boues	39
Figure (III.17)	Photo du rejet final dans la vallée du M'Zab.	40
Figure (III.18)	Situation de la ville de Touggourt	40
Figure (III.19)	Relevage dans la station de Touggourt	41
Figure (III.20)	Dégrillage dans la station de Touggourt	42
Figure (III.21)	Dessablage-déshuilage dans la station de Touggourt	42
Figure (III.22)	Bassin d'aération dans la station de Touggourt	43
Figure (III.23)	Décanteur secondaire dans la station de Touggourt	43

Liste des figures

Figure (III.24)	Bassin de chloration dans la station de Touggourt	43
Figure (III.25)	Vis d'Archimède dans la station de Touggourt	44
Figure (III.26)	Epaississeur de la station de Touggourt	44
Figure (III.27)	Lits de séchage dans la station de Touggourt	45
Figure (III.28)	station de Témacine	46
Figure (III.29)	Fosse septique	47
Figure (III.30)	Chambre 01	47
Figure (III.31)	Chambre 02	47
Figure (III.32)	Chambre 03	48
Figure (III.33)	Filtre utilise dans le traitement	48
Figure (III.34)	Bassin de traitement secondaire	48
Figure (III.35)	Boîtier de contrôle	49
Figure (III.36)	Bassin de l'eau traité	49
Figure (III.37)	Eau traitée	49
Figure (III.38)	Zones de drainages	50
Figure (III.39)	Différents types des plantes utilisées dans la station de Témacine	51
Figure (IV.01)	L'évolution temporelle de la température (T°C) pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	58
Figure (IV.02)	Evolution temporelle de l'oxygène dissous (mg/L) pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	59
Figure (IV.03)	Evolution temporelle de pH pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla , Ghardaïa , Touggourt et Témacine	61
Figure (IV.04)	Evolution temporelle de la conductivité électrique(CE) pour l'entrée et la sortie de la station de Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	63
Figure (IV.05)	Evolution temporelle de la Salinité pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla	64
Figure (IV.06)	Evolution temporelle de la Salinité pour l'entrée et la sortie de la station de Ghardaïa ,Touggourt et Témacine	65
Figure(IV.07)	Evolution temporelle de MES pour l'entrée et la sortie de la	66

Liste des figures

	station d' Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	
Figure(IV.08)	Evolution temporelle de la DCO pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Temacine	68
Figure(IV.09)	Evolution temporelle de la DBO ₅ pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	70
Figure(IV.10)	Evolution temporelle de N ₂ O pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	72
Figure(IV.11)	Evolution temporelle de N ₃ O pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	74
Figure(IV.12)	Evolution temporelle de PO ₄ ⁻³ pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Temacine	75
Figure(IV.13)	Evolution temporelle de NT pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	77
Figure(IV.14)	Evolution temporelle de NH ₄ ⁺ pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine	78

Liste Des Tableaux

<i>Liste Des Tableaux</i>		
	Titre	Page
Tableau (I.01):	Quelques micro-organismes pathogènes rencontrés dans les eaux usées	12
Tableau(II.01):	Dénomination du procédé en fonction de la charge massique appliquée et valeur indicative des principaux paramètres du processus	24
Tableau(III.01):	rassemble les caractéristiques des lagunes	33
Tableau(III.02):	Informations de base sur la STEP	37
Tableau(III.03):	Dimensions des bassins de traitement au niveau de la station de Touggourt	45
Tableau(III.04):	Description des plantes utilisent dans la station	50
Tableau(IV.01)	Les valeurs Maximales entrantes et sortantes dans chaque station d'épuration	53
Tableau (IV.02)	Les valeurs Minimales entrantes et sortantes dans chaque station d'épuration	54
Tableau(IV.03)	Les valeurs Moyenne entrant et sortant dans chaque stations	55
Tableau(IV.04)	Le facteur de la biodégradabilité des stations : Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine de Janvier au Décembre 2019	56
Tableau(IV.05)	Rendement d'épuration d'Oxygène dissous dans chaque STEP	60
Tableau(IV.06)	Rendement d'épuration des matières en suspension dans chaque STEP	67
Tableau(IV.07)	Rendement d'épuration de la demande chimique en Oxygène dans chaque STEP	69
Tableau(IV.08)	Rendement d'épuration de la demande biochimique en Oxygène dans chaque STEP	71
Tableau(IV.09)	Rendement d'épuration de Nitrites dans chaque STEP	73
Tableau(IV.10)	Rendement d'épuration de Nitrates dans chaque STEP	74
Tableau(IV.11)	Rendement d'épuration de l'Ortho-phosphates dans chaque STEP	76
Tableau(IV.12)	Rendement d'épuration de l'azote totale dans chaque STEP	77

Liste Des Tableaux

Tableau(IV.13)	Rendement d'épuration de l'ammonium dans chaque STEP	79
-----------------------	--	-----------

Liste des Abréviations

Abréviations	Signification
CE	Conductivité Electrique
DBO₅	Demande biochimique en oxygène pendant 05 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
EH	Equivalent Habitant
K	Degré de biodégradabilité de la matière organique
MES	Matières En Suspension
MVS	Matières Volatiles Sèches
NO₂⁻	Nitrites
NO₃⁻	Nitrates
NH₄⁺	L' ammonium
NT	Nitrogène (Azote) Total
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office Nationale de l'Assainissement
pH	Potentiel d'hydrogène
PO₄⁻³	Ortho-phosphates
PT	Phosphore Total
Sal	Salinité
STEP	Station d'épuration
WWG	Waste Water Garden

SOMMAIRE		
	Titre	Page
	<i>Dédicace</i>	<i>i</i>
	<i>Remerciements</i>	<i>ii</i>
	<i>Liste des figures</i>	<i>iii</i>
	<i>Liste des tableaux</i>	<i>vi</i>
	Liste des abréviations	<i>viii</i>
	Sommaire	<i>ix</i>
	INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées		
I.1	<i>Les eaux usées</i>	3
I.1.1.	<i>Définition les eaux usées</i>	3
I.1.2.	Nature et origine des eaux usées	3
I.1.2.1.	<i>Eaux domestiques</i>	3
I.1.2.2.	<i>Eaux usées industrielles</i>	3
I.1.2.3.	<i>Eaux des agriculteurs</i>	4
I.1.2.4.	<i>Eaux de ruissellement</i>	4
I.1.3.	<i>Composition des eaux usées</i>	4
I.2.	<i>La pollution des eaux usées</i>	6
I.2.1.	<i>Définition de la pollution des eaux usées</i>	6
I.2.2.	<i>Principaux types de la pollution des eaux</i>	6
I.2.2.1.	<i>Pollution physique</i>	6
I.2.2.2.	<i>Pollution chimique</i>	7
I.2.2.3.	<i>Pollution microbiologique</i>	8
I.2.3.	<i>Paramètre de mesures de la pollution des eaux usées</i>	8
I.2.3.1.	<i>Paramètres physiques</i>	8
I.2.3.1.1.	<i>Débit</i>	8
I.2.3.1.2.	<i>Température</i>	8
I.2.3.1.3.	<i>Conductivité</i>	8

I.2.3.1.4.	<i>Matières en suspension (MES)</i>	8
I.2.3.1.5.	<i>Matières Volatiles Sèches (MVS)</i>	9
I.2.3.1.6.	<i>Couleur</i>	9
I.2.3.1.7.	<i>Odeur</i>	9
I.2.3.1.8.	<i>Turbidité</i>	9
I.2.3.2.	<i>Paramètres chimiques</i>	9
I.2.3.2.1.	<i>Potentiel d'hydrogène (pH)</i>	9
I.2.3.2.2.	<i>Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)</i>	9
I.2.3.2.3.	<i>Demande chimique en oxygène (DCO)</i>	9
I.2.3.2.4.	<i>Relation entre (DCO) et (DBO₅)</i>	9
I.2.3.2.5.	<i>Oxygène dissous</i>	10
I.2.3.2.6.	<i>Phosphore</i>	10
I.2.3.2.7.	<i>Azote</i>	10
I.2.3.2.8.	<i>L'ammonium (NH₄⁺)</i>	10
I.2.3.3.	<i>Paramètres biologiques</i>	10
I.2.3.3.1.	<i>Les virus</i>	10
I.2.3.3.2.	<i>Protozoaires</i>	11
I.2.3.3.3.	<i>Helminthes</i>	11
I.2.3.3.4.	<i>Bactéries</i>	11
CHAPITRE II : Les procédés des traitements des eaux usées		
	<i>Introduction</i>	14
II.1.	<i>Étapes de traitement des eaux usées :</i>	14
A.	<i>Prétraitement</i>	14
B.	<i>Traitement primaire</i>	14
C.	<i>Traitement biologique</i>	14
D.	<i>Stérilisation</i>	15
E.	<i>Traitement avancé</i>	15
II.2.	<i>Les procédés de traitement des eaux usées</i>	15
II.2.1.	<i>Lagunage aéré</i>	15
II.2.1.1.	<i>Définition</i>	15
II.2.1.2.	<i>Principe de fonctionnement</i>	15
II.2.1.3.	<i>Mécanismes mis en jeu</i>	16

II.2.1.3.1.	<i>Dans l'étage d'aération</i>	16
II.2.1.3.2.	<i>Dans l'étage de décantation</i>	16
II.2.1.3.3.	<i>Lagune de finition</i>	16
II.2.1.4.	<i>Principaux mécanismes d'épuration dans la colonne d'eau</i>	16
II.2.1.5.	<i>Définitions des types de lagunage aéré</i>	17
II.2.1.5.1.	<i>Lagunage aéré aérobie</i>	17
II.2.1.5.2.	<i>Lagunage aéré facultatif</i>	17
II.2.1.6.	<i>Les avantages et les inconvénients</i>	18
II.2.1.6.1.	<i>Les avantages</i>	18
II.2.1.6.2.	<i>Les inconvénients</i>	18
II.2.2.	<i>Le lagunage naturel</i>	19
II.2.2.1.	<i>Définition</i>	19
II.2.2.2.	<i>Mécanisme de traitement dans le lagunage naturel</i>	19
II.2.2.3	<i>Les avantages et les inconvénients</i>	20
II.2.2.3.1.	<i>Les avantages</i>	20
II.2.2.3.2.	<i>Les inconvénients</i>	21
II.2.3.	<i>La boue activée</i>	21
II.2.3.1.	<i>Définition</i>	21
II.2.3.2.	<i>Le principe de la boue activée</i>	22
II.2.3.3.	<i>Principaux paramètres de fonctionnement</i>	22
II.2.3.4.	<i>Les micro-organismes</i>	24
II.2.3.5.	<i>La décantation secondaire</i>	25
II.2.3.6.	<i>Les avantages et les inconvénients</i>	25
II.2.3.6.1.	<i>Les avantages</i>	25
II.2.3.6.2.	<i>Les inconvénients</i>	26
II.2.4.	<i>La phyto-épuration</i>	26
II.2.4.1.	<i>Généralités sur la phyto-épuration</i>	26
II.2.4.2.	<i>Les avantages et les inconvénients</i>	28
II.2.4.2.1.	<i>Les avantages</i>	28
II.2.4.2.2.	<i>Les inconvénients</i>	28
CHAPITRE III : Présentation des stations d'épuration d'étude Ouargla Ghardaïa-Touggourt-Témacine		
III.1.	<i>Présentation de la région et la STEP d' Ouargla</i>	30

III.1.1.	<i>La localisation géographique</i>	30
III.1.2.	<i>Présentation la STEP de Ouargla (Saïd-Otba)</i>	31
III.1.2.1	<i>Caractéristiques techniques</i>	31
III.1.2.2.	<i>Les Étapes du traitement des eaux usées dans la STEP</i>	31
III.2.	<i>Présentation de la région et la STEP de Ghardaïa</i>	34
III.2.1.	<i>La localisation géographique</i>	34
III.2.2.	<i>Présentation de la STEP de Ghardaïa</i>	35
III.2.2.1.	<i>Caractéristiques et dimensions de la station</i>	36
III.2.2.2.	<i>Les Étapes du traitement des eaux usées dans la STEP</i>	37
III.2.2.2.1.	<i>Dégrillage et dessablage</i>	37
III.2.2.2.2.	<i>Le Traitement primaire</i>	38
III.2.2.2.3.	<i>Le Traitement secondaire</i>	38
III.2.2.2.4.	<i>Le Traitement des boues</i>	39
III.3.	<i>Présentation de la région et la STEP de Touggourt</i>	40
III.3.1.	<i>La localisation géographique</i>	40
III.3.2.	<i>Présentation la STEP de Touggourt</i>	40
III.3.3.	<i>Caractéristiques techniques</i>	41
III.4.	<i>Présentation de la région et la STEP de Témacine</i>	45
III.4.1.	<i>La localisation géographique</i>	45
III.4.2.	<i>Présentation la STEP de Témacine</i>	46
III.4.2.1.	<i>Caractéristiques techniques</i>	46
III.4.2.2.	<i>Système de travail</i>	46
III.4.3.	<i>Les étapes de traitement dans le système</i>	47
III.4.3.1.	<i>Traitement primaire (traitement physique)</i>	47
III.4.3.1.1.	<i>Fosse septique</i>	47
III.4.3.1.2.	<i>Filtre de la fosse septique</i>	48
III.4.3.2.	<i>Traitement secondaire (traitement biologique)</i>	48
III.4.3.2.1.	<i>Bassin WWG</i>	48
III.4.3.2.2.	<i>Boitier de contrôle</i>	49
III.4.3.2.3.	<i>Zone de drainage</i>	49
III.4.4.	<i>Différents types de la plantes dans le bassin de Témacine</i>	50
CHAPITRE IV : Résultats et discussion		
IV.1.	<i>Les résultats</i>	53

<i>IV.1.1.</i>	<i>Caractéristiques des eaux usées (brutes) et (épurées) des stations étudiés</i>	53
<i>IV.1.2.</i>	<i>Facteur de biodégradation (DCO/DBO₅)</i>	56
<i>IV.1.3.</i>	<i>Le rendement d'épuration</i>	57
<i>IV.2.</i>	<i>Discussion des résultats</i>	57
<i>IV.2.1.</i>	<i>Evolution temporelle de la température</i>	57
<i>IV.2.2.</i>	<i>Evolution temporelle de l'Oxygène dissous</i>	58
<i>IV.2.3.</i>	<i>Evolution temporelle de pH</i>	60
<i>IV.2.4.</i>	<i>Evolution temporelle de la Conductivité Electrique (CE)</i>	62
<i>IV.2.5.</i>	<i>Evolution temporelle de la Salinité</i>	63
<i>IV.2.6.</i>	<i>Evolution temporelle de MES</i>	65
<i>IV.2.7.</i>	<i>Evolution temporelle de la DCO</i>	67
<i>IV.2.8.</i>	<i>Evolution temporelle de la DBO₅</i>	69
<i>IV.2.9.</i>	<i>Evolution temporelle de N_NO₂⁻</i>	71
<i>IV.2.10.</i>	<i>Evolution temporelle de N_NO₃⁻</i>	73
<i>IV.2.11.</i>	<i>Evolution temporelle de PO₄⁻³</i>	74
<i>IV.2.12.</i>	<i>Evolution temporelle de NT</i>	76
<i>IV.2.13.</i>	<i>Evolution de temporelle N_NH₄⁺</i>	78
	<i>Conclusion générale</i>	81
	<i>Références bibliographiques</i>	83
	<i>Annexe 01</i>	I
	<i>Annexe 02</i>	VI
	<i>Annexe 03</i>	X

Introduction générale :

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole [01].

Les chiffres publiés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2004 révèlent que chaque année 1.8 million de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivants pour la plupart dans les pays en voie de développement, meurent de maladies diarrhéiques, à l'échelle mondiale, 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable. Certains affirment en effet qu'elle sera, au troisième millénaire, un enjeu de guerres comme la pétrole l'a été et l'est encore aujourd'hui [02] .

Les régions sahariennes de l'Algérie sont soumises à une expansion démographique importantes menant à une augmentation continue des quantités des eaux usées produites. La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les micro-organismes, les produits toxiques, les déchets industriels [03].

Pour cela, ces eaux usées qu'elles soient, industrielles ou ménagères ne devraient pas être directement réutilisées ou rejetées dans le milieu naturel, elles devraient être directement réutilisées ou rejetées dans le milieu naturel, elles devaient être dirigées vers des stations d'épurations afin d'obtenir une eau épurée répondant à des normes bien précises Néanmoins, pour avoir des bons résultats, conformes aux normes de rejets ou à celles d'irrigations il faut choisir une technique d'épuration efficace économique et qui respecte l'environnement. Dans ce mémoire je étudié l'efficacité de quatre stations d'épuration des eaux usées urbaines avec des technique différentes "lagunage aéré (Ouargla), lagunage naturel(Ghardaïa), boues activées (Touggourt) , phyto-épuration(Témacine)".

Le travail est présenté en quatre chapitres:

- Généralités sur les eaux usées
- Procédés de traitement des eaux usées
- Présentation des stations d'épuration d'étude
- Résultats et discussion

***CHAPITRE I : Généralités
sur les eaux usées***

I.1. Les eaux usées :

I.1.1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, appelées aussi eaux résiduaires urbaines (ERU), sont des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Elles peuvent accroître la pollution du milieu naturel du fait qu'elles sont chargées généralement de débris divers, de matières minérales dissoutes et de produits organiques en suspension. Les eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels [03].

I.1.2. Nature et origine des eaux usées:

I.1.2.1. Eaux domestiques:

Elles proviennent des habitations, et sont généralement véhiculées par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. Ces eaux se caractérisent par leurs fortes teneurs en matières organiques, en sels minéraux (azote, phosphore), en détergents et en germes fécaux.

Les eaux usées domestiques peuvent provenir de trois origines possibles :

- **Eaux de cuisines:** Elles contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matière organique (glucides, lipides, protéides...), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses [03].
- **Eaux des salles de bains :** Elles sont chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées [03].
- **Eaux de vannes:** Elles proviennent des sanitaires, et sont très riches en matières hydrocarbonées, en azote, et en phosphore. Ces eaux représentent un substrat adapté aux procédés de traitements biologiques, mais peuvent contenir des éléments pathogènes (bactéries, virus et parasites divers) [03].

I.1.2.2. Eaux usées industrielles:

Provenant des usines, elles sont caractérisées par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produits de l'activité industrielle se retrouvent concentrés dans l'eau (pollution) [03]:

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage) du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....).
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...).
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...).
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, produits pharmaceutiques.....).
- Pollution due aux rejets radioactifs toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents) radioactifs des industries nucléaires....).
Pollution due à l'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Pollution due aux sels métalliques (traitement de surface, métallurgie).

I.1.2.3. Eaux des agricoles:

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Les effluents agricoles renferment diverses substances, d'origine agricole ou animale. Il s'agit de solutions d'engrais lessivées par les sols fortement fertilisés (engrais minéraux du commerce ou déjections animales), des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...) et des déjections animales (fumiers et lisiers de bétail) [03].

I.1.2.4. Eaux de ruissellement:

Ce sont essentiellement les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Les eaux de pluie sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières à l'intérieur desquelles la répartition des débits est aléatoire. La pollution entraînée est maximale en début de précipitation, elle correspond au lavage des toits et chaussées. Elle décroît ensuite fortement en cas de pluie persistante. Les polluants sont en majorité des matières en suspension d'origine minérale, mais aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile. On y trouve aussi des polluants d'atmosphère (poussières, oxydes d'azote, oxydes de soufre, plomb, etc.) [03].

I.1.3. Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole...etc.) aussi elle est variable et dépend essentiellement de

l'activité humaine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, les eaux usées urbaines contiennent également des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes : bactéries, protozoaires, virus et helminthes [04].

I.2. La Pollution des eaux :

I.2.1. Définition de la pollution des eaux :

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les micro-organismes, les produits toxiques, les déchets industriels [05].

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- ✓ Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- ✓ Agricole (engrais, pesticides)
- ✓ Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés [06].

I.2.2. Principaux types de pollutions des eaux:

I.2.2.1. Pollution physique :

C'est une pollution due aux agents physiques ou tout élément solide entraîné par l'eau. Elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en deux classes:

a. Pollution thermique:

Les eaux rejetées qui est provoquée par l'accroissement excessive de la température de l'eau, par les usines, suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industrielles spécialement les centrales énergétiques [07], [08] . Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes [09].

b. Pollution radioactive:

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensible aux rayonnements [09].

I.2.2.2. Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique, qui rend des formes multiples. Les produits chimiques qui polluent l'eau sont issus des engrais et des produits phytosanitaires qu'on utilise, comme les insecticides ou pesticides. La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants, dont les plus menaçants sont les métaux lourds [10].

Les engrais chimiques sont transportés dans les lacs ou les rivières par les eaux de pluie et entraînent ainsi la dégradation de l'eau. Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, soit à cause des déchets industriels charriés par les eaux de ruissellement ou déversés directement dans les rivières ou dans la mer. L'eau peut également être polluée par les métaux, les plus dangereux étant ceux employés dans les industries [11].

a. Pollution minérale:

Elle est constituée essentiellement Les cyanures des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques.

b. Pollution organique :

La pollution organique constitue la partie la plus importante et comprend essentiellement des composés biodégradables, les protides, les lipides, les glucides, hydrocarbures, détergents [12]. C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives [13].

c. Pollution agricole :

Elle provient des fermes ou des cultures et elle se caractérise par les fortes teneurs en sels minéraux (NO₂, P, K...) et la présence de produits chimiques du traitement (pesticides, engrais....) [14]. Les pesticides constituent un problème majeur pour l'environnement. On inclut dans les pesticides toutes les substances avec les quelles on combat les animaux et végétaux nuisibles à l'homme et aux êtres vivants supérieurs [11].

I.2.2.3. Pollution microbiologique:

Elle Se manifeste lors de l'existence de certains types de micro-organisme capables de se proliférer dans l'eau [15]. Un grand nombre de micro-organisme peut proliférer dans l'eau, qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau est : Les bactéries, les virus, les parasites et les champignons [16].

I.2.3. Paramètre de mesures de la pollution des eaux usées :

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, l'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physicochimiques et microbiologique et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. Parmi ces paramètres on cite les plus importants :

I.2.3.1. Paramètres physiques :

I.2.3.1.1. Débit :

La mesure du débit est qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de l'habitant équivalent qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour. En effet, le débit constitue un élément de base pour la détermination de l'habitant équivalent [05].

I.2.3.1.2. Température :

Il est primordial de connaître la température d'une eau, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau [17].

I.2.3.1.3. Conductivité :

Cette mesure donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous[18].

I.2.3.1.4. Matières en suspension (MES):

La détermination des matières en suspension est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre pollution dissoute et pollution sédimentable, car le devenir de ces deux composantes est très différent, tant dans le milieu naturel que dans les systèmes d'épuration. La composition des MES peut être appréciée par analyse directe, plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées [19].

Dans une eau usée urbaine, près de 50% de la pollution organique se trouve sous forme de MES [03].

I.2.3.1.5. Matières Volatiles Sèches (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80% de MES [05].

I.2.3.1.6. Couleur:

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés[20].

I.2.3.1.7. Odeur :

L'odeur est due à une fermentation des matières organiques [20].

I.2.3.1.8. Turbidité :

Elle tient compte de la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine minérale ou organique [20].

I.2.3.2. Paramètres chimiques :

I.2.3.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle [21].

I.2.3.2.2. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène exprimée en mg/L aux micro-organismes pour oxyder pendant cinq (5) jours dans les conditions de l'essai d'incubation à 20°C. Les matières biodégradables présentes dans l'eau usée [08], [22].

I.2.3.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO):

La demande chimique en oxygène est représentée la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation de toute matière contenue dans les eaux usées qu'elle soit biodégradable et non biodégradables présentes l'eau usée [23], [24]. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium nécessaire à l'oxydation des substances organiques [18].

I.2.3.2.4. Relation entre (DCO) et (DBO₅) :

Le rapport DCO/DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons....)

Si : $DCO/DBO_5 \leq 2$ le traitement se fait biologiquement.

Si $2 < DCO/DBO_5 < 3$: traitement biologique avec adaptation de souches.

Si $DCO/DBO_5 > 3$: traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique [05].

I.2.3.2.5. Oxygène dissous :

C'est un paramètre très important qui se détermine in situ avec un oxymétrie. L'oxygène dissous donne une mesure indirecte du degré de pollution d'une eau [18]. Elle est en fonction de l'origine de l'eau. L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/L [05].

I.2.3.2.6. Phosphore :

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4g par habitant. Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires en plusieurs formes différentes du phosphore dissous:

- Les ortho phosphates;
- Les polyphosphates (après hydrolyse acide);
- Les organophosphates (après hydrolyse acide avec oxydation). L'ensemble de phosphore sous toutes ses formes était souvent appelé le phosphore total peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie [25].

I.2.3.2.7. Azote :

Ce paramètre devient de plus en plus important, dans les eaux usées domestiques, la concentration globale en azote total est de l'ordre de 15 à 20% [03]. Il est exprimé en mg/L, sa valeur globale dans les eaux usées recouvre toutes les formes connues [25].

I.2.3.2.8. L'ammonium (NH₄⁺):

La forme réduite de l'azote souvent rencontrée dans les eaux usées et qui constitue le premier stade de dégradation de la matière organique azotée. Sa présence peut avoir comme origine probable la réduction des nitrates et des nitrites [26].

I.2.3.3. Paramètres biologiques :

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Parmi les éléments pathogènes les plus rencontrés, on cite :

I.2.3.3.1. Les virus :

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines de 10³ à 10⁴ particules par litre. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus importants, on peut citer les entérovirus, les rotavirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A qui ont une durée de vie d'environ 3 mois [21].

I.2.3.3.2. Protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qui se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées. On peut citer parmi ceux-ci *Entamoeba histolytica*, responsable de la Dysenterie amibienne.

I.2.3.3.3. Helminthes:

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3 œufs/L [28].

I.2.3.3.4. Bactéries:

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml, dont 10^3 sont pathogènes. Les plus connus sont les salmonelles responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux, sans oublier les colibacilles qui ont une durée de vie de 2 à 3 mois et qui se multiplient dans l'environnement [21]. Le dénombrement des bactéries dans les eaux usées traitées est tout aussi important que celui des helminthes lorsqu'une réutilisation agricole est envisagée. Le tableau(I.02) présente quelques agents pathogènes rencontrés dans les eaux usées :

Tableau (I.02): Quelques micro-organismes pathogènes rencontrés dans les eaux usées [27].

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre par litre	Voies de contamination principales
Virus			
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	-	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	-	Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400à85000	Ingestion
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, Salmonellose	23à80000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10à10000	Ingestion
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite	-	Ingestion
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia		125à100000	
Toxoplasma gondi	Toxoplasmose : Ganglion ,faible fièvre	-	Inhalation / Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariadiase :diarrhée ,Troubles nerveux	5à111	Ingestion
Aneylostoma	Anémie	6à188	Ingestion/cutanée
Trichuis	Diarrhée, douleur Abdominale	10à41	Ingestion

***CHAPITRE II: Les procédés de
traitement des eaux usées***

***Introduction:**

Le traitement des eaux usées comprend un groupe de processus naturels et chimiques dans lesquels les eaux usées sont éliminées les matières solides et organiques et les micro-organismes ou les réduire à un degré acceptable, cela peut inclure l'élimination de certains. Les nutriments à forte concentration tels que le phosphore et l'azote dans cette eau peuvent être divisés en opérations selon le degré de traitement en opérations préliminaires, primaires, secondaires et avancées, et le processus de purification vient au pouvoir judiciaire sur les micro-organismes à la fin des étapes de traitement [29].

Dans ce chapitre, je aborderai les méthodes et les étapes de traitement des eaux usées.

II.1. Étapes de traitement des eaux usées :

Les étapes du traitement de l'eau sont divisées en:

A- Prétraitement :

A cette étape du traitement, un moyen est utilisé pour séparer et couper les grosses portions présentes dans l'eau pour protéger les équipements de la station et éviter le blocage des canalisations, il repose sur un tamis à large ouverture, suivi d'une séparation physique. Pour les phases, notamment la séparation des phases solide et huileuse de l'eau-liquide, comme pour la séparation des gaz, il n'est pas significatif importance sauf dans certains traitements spéciaux, le processus de séparation des solides est l'étape principale de tous les systèmes de traitement des pollutions. La technique de filtration est une technique limitée car elle ne sépare que les plus grosses particules. Grâce à ce processus, 5 à 10 % de matière organique dégradable peuvent être éliminés en plus de 2 à 20 % de matières en suspension [30].

B- Traitement primaire :

Traitement primaire ou étape chimique de coagulation et de sédimentation, dont le but est d'éliminer la matière organique et solide inorganique qui peut être séparé par précipitation, dans ce traitement, il est possible d'éliminer 50% à 35% du matériau biodégradable en plus de 70% à 50% de matières en suspension. En plus des installations existantes, l'unité de prétraitement contient des bacs de décantation dans l'unité de prétraitement, il peut contenir des doseurs pour certains produits chimiques ainsi que ces mélangeurs matériel avec de l'eau [30].

C - Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées est une étape essentielle du traitement à appliquer dans une station de traitement vise à oxyder les différentes matières organiques

présentes dans l'eau et à les transformer en composés respectueux de l'environnement. Le traitement est basé sur une biomasse de bactéries et certains types de bactéries que l'on peut séparer de l'eau et ainsi obtenir une eau pratiquement exempte de pollution organique, le traitement biologique des eaux polluées peut être aérobie ou anaérobie. Chaque type de bactérie a sa propre souche et les résultats varient les spécifications finales diffèrent de l'autre type, bien que l'objectif dans les deux cas soit de convertir les composants organiques en produits final : gaz, eau et solides facilement séparables [30].

D- Stérilisation:

La stérilisation est effectuée en injectant une solution de chlore à une dose équivalente à 5-10%, généralement la période de stérilisation est de 15 minutes au minimum, si l'eau n'est pas utilisée plus tard, et en cas d'utilisation pour l'agriculture, la période de désinfection est de 23 minutes.

E - Traitement avancé :

Cette étape de traitement est appliquée lorsque de l'eau ultra pure est requise, y compris l'étape comprend diverses opérations d'élimination des polluants qui ne peuvent pas être éliminés par les méthodes traditionnelles susmentionnées polluants : azote, phosphore, matières organiques et excès de matières solides en suspension, en plus des substances qu'il est difficile à décomposer facilement et les substances toxiques [30].

II.2. Les procédés de traitement des eaux usées :

Il existe de nombreuses méthodes homologuées pour le traitement des eaux usées, que nous allons essayer d'identifier à cette étape :

II.2.1. Lagunage aéré:

II.2.1.1. Définition :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique qui se caractérise par un ou plusieurs bassins de traitement dans lesquelles la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne, une partie au moins de ce traitement est réalisé en aérobie grâce à un apport d'oxygène dissous dans l'eau artificiellement par les aérateurs. Il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne (STEP d'Ouargla).

II.2.1.2. Principe de fonctionnement :

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air.

II.2.1.3..Mécanismes mis en jeu:

II.2.1.3.1. Dans l'étage d'aération:

Les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons.

II.2.1.3.2. Dans l'étage de décantation:

Les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important [31].

II.2.1.3.3. Lagune de finition :

Ces lagunes dépourvues de systèmes de brassage, permettant la séparation physique des boues et de l'eau traitée (STEP d'Ouargla).

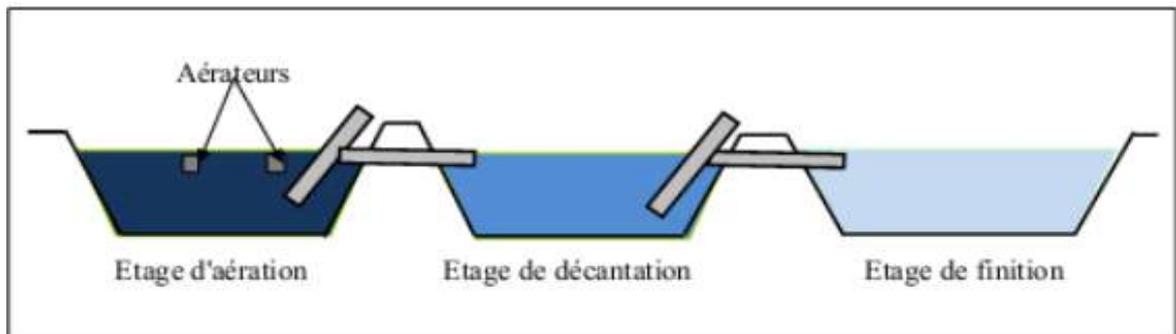
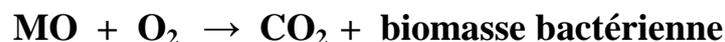


Figure (II.01): Le principe d'un lagunage aéré

II.2.1.4. Principaux mécanismes d'épuration dans la colonne d'eau :

Dans tous les cas, l'effluent apporte des nutriments sous forme de sels dissous. Les matières décantables se déposent au fond du bassin pour former les sédiments. Les matières polluantes solubles vont être transformées par l'action des micro-organismes. La colonne d'eau est alors le lieu d'activité aérobie et anaérobie. Du point de vue chimique, en zone aérobie la matière organique sera décomposée par dégradation biologique ou respiration bactérienne. Une association se crée, les bactéries aérobies consomment les matières organiques solubles en utilisant l'oxygène produit par les algues et fournissent du CO₂ et de la biomasse bactérienne:



Le CO₂ est utilisé par les algues pour réaliser la photosynthèse.



En zone anaérobie l'éclairage est pratiquement nul et la concentration en oxygène tend vers zéro. La dégradation de la matière organique aboutit à un dégagement de CO₂ et de CH₄ qui vont alimenter en substrat carboné la zone aérobie. L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

➤ **La nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes:

-Nitrosation: sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).

-Nitrification: par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).

La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH₄) en nitrate (NO₃). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie.

➤ **La dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

II.2.1.5. Définitions des types de lagunage aéré [32]:

On distingue deux types de lagunes aérées:

II.2.1.5.1. Lagunage aéré aérobie:

Dans ce type de lagunes, on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin. La profondeur peut être de 2.4 à 2.8 m, dans laquelle l'oxygène et les matières en suspension sont uniformément réparties dans le bassin .

II.2.1.5.2. Lagunage aéré facultatif:

Dans ce type de bassin, l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure et la plus grande partie des matières inertes en suspension et des matières biologiques non oxydées décantent au fond du bassin, où elles subissent une décomposition anaérobie. Le bassin peut être modifié pour comporter un compartiment séparé de décantation capable de fournir un effluent clarifié :

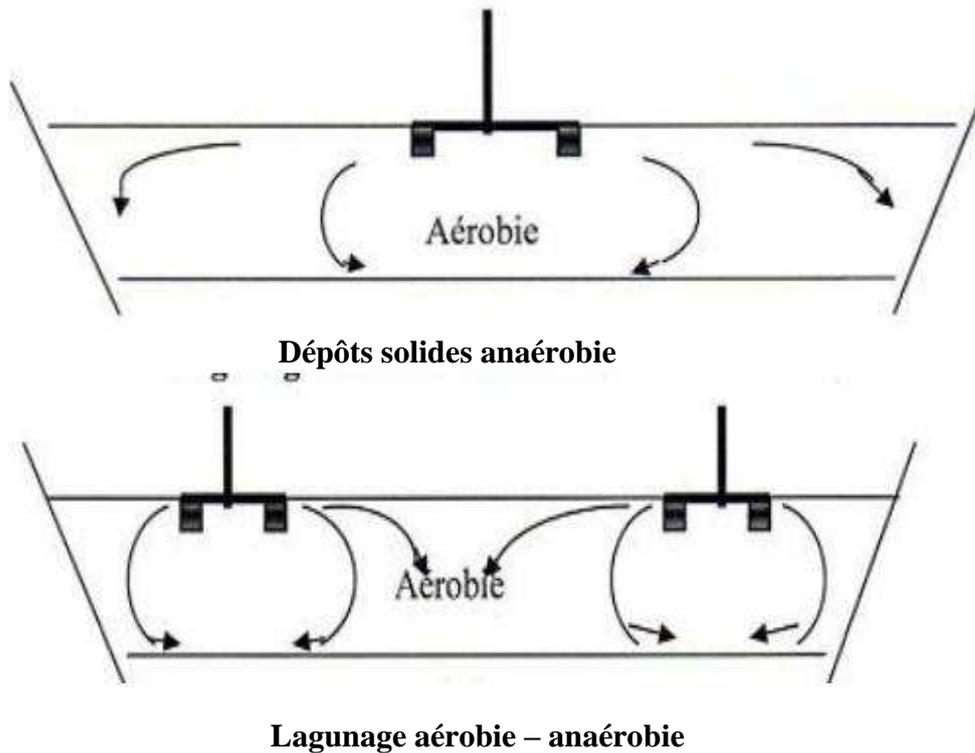


Figure (II.02) : les deux types de lagunes aérées [33]

II.2.1.6. Les avantages et les inconvénients:

II.2.1.6.1. Les avantages :

- 1.** Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes .
- 2.** Tolérant aux effluents très concentrés .
- 3.** Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées).
- 4.** Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables.
- 5.** Bonne intégration paysagère .
- 6.** Boues stabilisées.

II.2.1.6.2. Les inconvénients :

- 1.** Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres.
- 2.** Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé.

3. Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération.

4. Forte consommation énergétique.

II.2.2. Le lagunage naturel :

II.2.2.1. Définition

Le lagunage naturel est souvent défini par plusieurs termes: "*Oxydation pond*", "*Sewage oxydation pond*", "*Sewage lagoon*", "*Waste stabilization-ponds*", "*Etang de maturation*", "*Etang de stabilisation*".

Le lagunage naturel ou aéré, met en œuvre une succession de bassins (généralement trois) peu profonds dans lesquels les eaux usées préalablement décantées ou non, s'écoulent lentement et en ressortent « épurées ». Ce procédé permet la dégradation de la matière organique par les organismes naturellement présents dans les eaux usées (les bactéries aérobies et anaérobies) et par les algues microscopiques, le premier bassin est généralement une lagune dans laquelle a lieu la dégradation de la pollution organique par les bactéries présentes, l'oxygénation naturelle est assurée grâce aux échanges gazeux de l'eau avec l'atmosphère et à la photosynthèse des végétaux chlorophylliens (algues), le second bassin permet la décantation des boues biologiques, l'eau est enfin envoyée dans la troisième lagune afin d'en affiner sa qualité à l'aide des macrophytes qui permettent la diminution de la concentration en azote et en phosphore.

II.2.2.2. Mécanisme de traitement dans le lagunage naturel :

Le lagunage est une technique extensive de traitement des eaux usées constituée de plusieurs bassins étanches en série où se développent les bactéries, algues et zooplancton, l'épuration de la matière organique repose sur l'activité de bactéries libres. L'oxygène nécessaire à l'activité de ces micro-organismes provient d'une part de l'agitation de la surface de l'eau par le vent, d'autre part et surtout, de la photosynthèse d'algues microscopiques (appelées microphytes) qui, en présence du soleil et de la chaleur, absorbent le gaz carbonique dissous dans l'eau et rejettent de l'oxygène, le développement de petits crustacés (daphnies par exemple), principalement en périodes chaudes et dans des bassins peu chargés, contribue à la clarification de l'eau, enfin, le rayonnement ultra-violet solaire détruit de nombreux germes pathogènes et assure une certaine décontamination de l'effluent, la dégradation de la matière organique s'accompagne d'une sédimentation des matières décantables de l'effluent, il se forme ainsi des boues qui se développent au fond des bassins où l'oxygène ne parvient plus, la dégradation se poursuit alors sous l'action de bactéries anaérobies, il y a alors fermentation, marquée par des dégagements de gaz et la minéralisation des boues. Le lagunage s'appuyant sur des processus naturels d'autoépuration très

dépendants des conditions climatiques locales (ensoleillement, température) . La figure (II.03) présente les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.

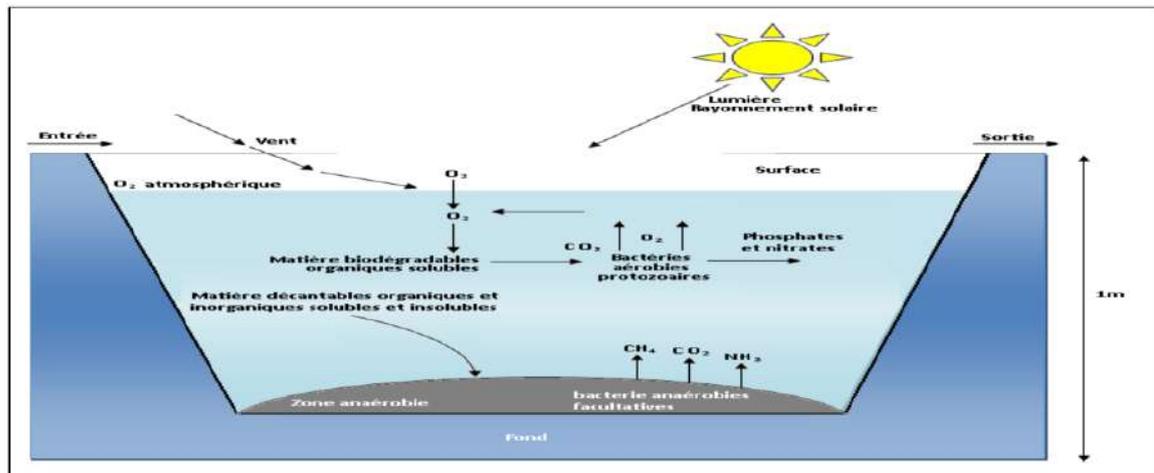


Figure (II.03): Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel [34]

Ce procédé simple demande des surfaces importantes car les temps de réactions sont très longs, pour que le lagunage s'effectue dans les meilleures conditions d'aérobiose, tout en évitant les odeurs et la prolifération des insectes, il faut prévoir une décantation primaire des effluents, selon les régions on peut traiter par ce procédé de 25 à 50 Kg de DBO_5 par hectare et par jour, ce traitement demande des surfaces importantes avec des temps de séjour de l'ordre de 30 à 60 jours et une profondeur des bassins de 0.5 à 1.2 m.

II.2.2.3. Les avantages et Les inconvénients :

II.2.2.3.1. Les avantages :

Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable;

1. L'exploitation reste légère mais, si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement.
2. Élimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été).
3. Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été.
4. S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique.
5. Pas de construction en dur, génie civil simple.
6. Bonne intégration paysagère.
7. Bon outil pour l'initiation à la nature.
8. Absence de nuisance sonore.
9. Les boues de curage sont bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin.

II.2.2.3.2. Les inconvénients :

1. Forte emprise au sol (10 à 15m²/EH) ;
2. Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune.
3. Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval.
4. Qualité du rejet variable selon les saisons.
5. La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires restent limités.

II.2.3. La boue activée

II.2.3.1. Définition :

La boue activée réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Il a été développé à l'origine, Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres. On y maintient une concentration déterminée de bactéries (on fixe donc l'âge de la boue) grâce à la recirculation des boues. Elles sont séparées de l'eau traitée par décantation dans le clarificateur, puis réintroduites dans les bassins de traitement c'est-à-dire, dans le cas le plus simple, le bassin d'aération. L'aération est assurée mécaniquement, soit par des aérateurs de surface, soit par insufflation d'air. Les deux principes connaissent de nombreuses variantes . Dans des conditions adéquates d'aération les micro-organismes présents naturellement dans l'effluent à épurer se multiplient et s'agglomèrent en petits flocons qui se déposent lorsqu'on arrête l'aération. Cette masse est appelée "floc bactérien". Si, après vidange de l'eau épurée, on recommence l'opération avec une nouvelle charge d'eau usée, en conservant la boue formée précédemment, l'épuration se révèle plus rapide, d'où l'idée de recycler les boues au cours d'un traitement en continu. Du fait de leurs propriétés particulières ces boues sont appelées boues activées . Commencé depuis une quarantaine d'années, le développement des installations d'épuration dans les petites collectivités n'a réellement débuté que depuis 1970.

II.2.3.2. Le principe de la boue activée :

Le principe du procédé consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation) en brassant suffisamment le milieu pour éviter la décantation des floes et en fournissant l'oxygène nécessaire à la prolifération des micro-organismes. Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire, dans le but d'éliminer les matières en suspension décantables, et sera toujours suivi d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épuré et des boues [35]. Celles-ci seront recyclées dans le bassin d'aération pour en assurer la concentration permanente et la masse produite en excès sera dirigée vers le traitement des boues (figure II.04).

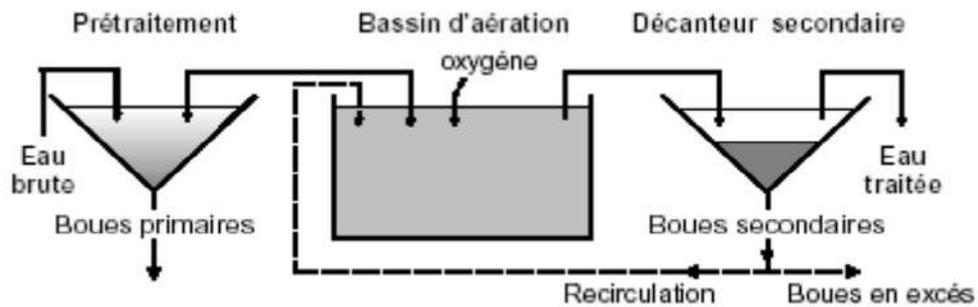


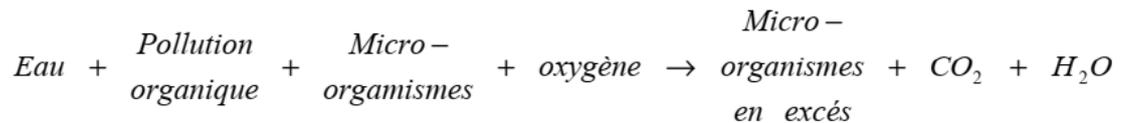
Figure (II.04): Schéma d'une station d'épuration à boues activées

II.2.3.3. Principaux paramètres de fonctionnement :

Les micro-organismes sont nourris par les matières organiques et éliminent les polluants par différents processus :

- Par absorption des matières polluantes sur le floc bactérien,
- Par conversion en matière cellulaire : croissance de la culture bactérienne et des micro-animaux associés,
- Par oxydation en CO_2 et H_2O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la production de nouveau matériaux cellulaires.

La métabolisation de la matière organique peut s'écrire:



Les grandeurs caractéristiques de traitement biologique sont fonction des proportions relatives des réactifs. La charge organique est la notion fondamentale, elle définit l'intensité de traitement et conditionne la production de boues et la consommation spécifique d'oxygène (voir tableau II.01).

***La charge organique**

Exprime le rapport:

$$\frac{\text{Quantité de pollution apportée par unité de temps}}{\text{Quantité de biomasse}}$$

Pour les cultures libres, on parle de charge massique (Cm). Le terme de numérateur est exprimé en DBO₅ ou DCO (Kg/j). Le dénominateur est exprimé en matières volatiles (MV en Kg), paramètre représentatif de la masse de biomasse viable du réacteur.

***La production spécifique** de boue est exprimée en Kg MS / Kg DBO₅ éliminée, c'est le résultat de la transformation de la pollution brute par les micro-organismes.

***L'âge de boue** représente le temps de rétention moyen des bactéries dans le réacteur biologique; c'est le rapport :

$$\frac{\text{Quantité de boues en aération}}{\text{Quantité de boues extraite par jour}} \quad (\text{en jour})$$

***La consommation spécifique d'oxygène** est due à l'oxydation des matières organiques (environ 6.0 Kg O₂ / Kg DBO₅).

Tableau (II.01): Dénomination du procédé en fonction de la charge massique appliquée et valeur indicative des principaux paramètres du processus

<i>Nom du procédé</i>	<i>Aération prolongée (très faible charge)</i>	<i>Faible charge</i>	<i>Moyenne charge</i>	<i>Forte charge</i>
Charge massique (Kg DBO₅/KgMV.j)	0.05 à 0.1	0.2	0.5	1
Age des boues (jours)	14 à 33	6	2	0.8
Production spécifique de boue (KgMS/KgDBO₅)	0.6 à 0.7	0.8	1	1.2
Consommation spécifique d'oxygène (KgO₂/KgDBO₅)	0.8 à 0.9	0.65	0.30	0.13

La notion de temps de séjour hydraulique est par fois utilisée, c'est le rapport :

$$\frac{\text{Volume bassin d'aération}}{\text{débit entrant}} \quad (\text{en jour})$$

II.2.3.4. Les micro-organismes :

La biocénose des boues activées est complexe et ne peut se définir qu'au moyen des principaux groupes écologiques: bactéries, champignons, algues et métazoaires. L'essentiel de l'épuration est due à des bactéries aérobies. Certaines espèces sont gênantes dans la mesure où elles interviennent pour contrarier la décantation des boues : ce sont les bactéries filamenteuses. Ces bactéries se développent souvent dans les milieux déséquilibrés en azote et riches en éléments facilement assimilables ou dans les réseaux septiques.

La micro-faune est représentée surtout par des protozoaires, organismes prédateurs de taille comprise entre 20 et 200 microns. On y trouve des Flagellés, des Rhizopodes et surtout des Ciliés. Les Métazoaires, de taille supérieure (10 à 150 microns) sont peu représentés, ce sont surtout des Rotifères, parfois des Nématodes et des vers Oligochètes. Pour chaque station, il s'établit un équilibre écologique donné, la longueur de la chaîne

trophique sera alors fonction de la charge organique . La biomasse épuratrice qui se développe aux dépens de la pollution, forme dans le bassin d'aération un mélange appelé "liqueur mixte". Ce mélange se compose d'une phase solide (micro-organismes, débris organiques, matières minérales) et d'une phase liquide correspondant à l'eau épurée. Au cours du processus d'épuration biologique, les micro-organismes s'agglomèrent en flocons. C'est grâce à cette biofloculation qu'il est possible de séparer l'eau épurée de la biomasse .

La séparation liquide-solide s'effectue alors dans un bassin spécial: le décanteur secondaire ou clarificateur [36].

II.2.3.5. La décantation secondaire :

Quelle que soit la filière retenue, la finalité du traitement des eaux consiste précisément à séparer les boues de l'eau, d'où le nom de "clarificateur", si on s'intéresse à l'eau traitée, et "décanteur" si on s'intéresse au devenir des boues et plus précisément à leur épaissement. Notons qu'en aération prolongée le rendement demandé au décanteur secondaire est élevé. En effet, pour une concentration à l'entrée de 3 à 4 g/L en moyenne, on exige une concentration en sortie inférieure à 30 mg/L; soit un rendement supérieur à 99 %.

*** La décantabilité des boues :**

L'aptitude des boues à décanter est classiquement estimée par l'intermédiaire de tests de décantabilité effectués en éprouvette . Il existe trois protocoles différents (SVI, DSVI, SSVI). Ces indices quantifient le volume occupé par 1g de boue après 30 minutes de décantation en éprouvette et sont appelés également. Les limites retenues pour caractériser l'aptitude des boues à décanter sont :

IM < 50 ml/g: aspect granuleux, Risque de formation de dépôts.

50 < IM < 150 ml/g: bonne décantabilité.

IM > 150 ml/g : mauvaise décantabilité qui peut être due à la présence de bactéries filamenteuses suite à un déséquilibre nutritionnel ("bulking"). L'indice de MOHLMAN varie en fonction de la charge massique appliquée et des caractéristiques physico-chimiques des eaux à épurer, dont la température .

II.2.3.6. Les avantages et Les inconvénients :

II.2.3.6.1. Les avantages

1. Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites).
2. Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification) .
3. Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.

4. Boues légèrement stabilisées .
5. Facilité de mise en œuvre d'une déphosphoration simultanée.

II.2.3.6.2. Les inconvénients :

1. Coûts d'investissement assez importants.
2. Consommation énergétique importante.
3. Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.
4. Sensibilité aux surcharges hydrauliques.
5. Dilatabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser.
6. Forte production de boues qu'il faut concentrer.

II.2.4. La phyto-épuration :

II.2.4.1. Généralités sur phyto-épuration:

Plusieurs techniques coûteuses peuvent être utilisées dans l'épuration des eaux non conventionnelles; le besoin de techniques simple, économiquement compétitives et pouvant préserver les caractéristiques des écosystèmes, comme l'application de la phyto-épuration dans le traitement des eaux usées. La phyto-épuration est une opération qui consiste à purifier l'eau c'est-à-dire à la débarrasser des éléments polluants et qui repose sur des processus naturels, d'origine biotique et/ou abiotique, mis en œuvre par les plantes, les micro-organismes de la rhizosphère et le substrat dans lequel ils évoluent, une grande variété de plantes aquatiques de type flottantes, émergentes ou submergées, rassemblées ici sous le terme générique de « macrophytes », peut être utilisée pour la phyto-épuration, à la fois pour leurs rôles directs et indirects , tous les plans d'eau peuvent être colonisés par des végétaux appartenant à deux grandes catégories : les plantes amphibies et les plantes aquatiques qui s'organisent en ceintures concentriques selon un gradient de la terre ferme à la pleine eau:

➤**La catégorie des plantes amphibies (les hélophytes);** comprend des plantes qui se dressent hors de l'eau et qui supportent une alternance annuelle d'émersion et d'immersion: Phragmite, les massettes, les laïches, la littorale..., qui constituent les ceintures externes, souvent dominées par l'une de ces espèces.

➤**Les plantes aquatiques ou «hydrophytes»;** sont représentées par plusieurs types biologiques qui se répartissent en ceintures internes et se superposent en strates dans l'eau:

- Des espèces flottant librement à la surface (Lentille d'eau, Petit nénuphar) ou sous la surface (Utriculaire, algues filamenteuses);

- Des espèces enracinées et s'étalant à la surface: Nénuphar blanc sur fond vaseux ou Potamot nageant sur fond sableux [37];
- Des espèces fixées sur le fond et restant immergées: Élodée du Canada, Naïade, algues characées.

Les macrophytes extraient du milieu environnant (eau, sédiment) les nutriments nécessaires à l'édification de leur organisme, les plus importants de ces nutriments sont l'azote et le phosphore, cette extraction retire donc du milieu une part des nutriments disponibles et contribue à ce que l'on a depuis longtemps dénommé « auto-épuration » des milieux aquatiques, avec le développement de la population humaine, les milieux aquatiques ont servi de plus en plus de récepteurs des effluents domestiques avec des conséquences sans cesse plus visibles, la protection croissante des cours d'eau a donc conduit depuis un peu plus d'un siècle à la création de systèmes d'épuration maintenant bien connus . En parallèle, les capacités épuratoires « naturelles » de certains milieux aquatiques vis-à-vis de ces eaux usées chargées en matières organiques ont été mieux appréciées ; en particulier, les interfaces entre la terre et l'eau, ont bien été identifiées comme pouvant participer à l'épuration de nos effluents, l'amélioration des connaissances dans ce domaine a fortement participé à la conception de nouveaux systèmes de traitement des eaux s'inspirant des processus naturels, dénommés «marais artificiels», les algues planctoniques (lagunes à «microphytes») constituent un compartiment essentiel: effectivement, par les mécanismes de la photosynthèse, les algues fournissent l'oxygène nécessaire à la respiration des bactéries responsables de la dégradation de la pollution. Les micro-organismes peuvent également contribuer de façon indirecte à l'épuration des contaminants. L'activité microbienne se traduit souvent sous la forme d'une acidification ou d'une alcalinisation (cycle de l'azote) du milieu environnant [38]. Autre exemple, les champignons mycorhiziens, tels que les champignons mycorhiziens à arbuscule (CMA), peuvent créer des associations symbiotiques avec les plantes et améliorer leur nutrition, leur tolérance aux contaminants, favoriser leur croissance ou modifier leur absorption des contaminants . Plusieurs types de ces plantes aquatiques peuvent colonisées les bassins de lagunage, dans notre étude il s'agit des cinq macrophytes: La plante de jonc, La plante de laurier, Le papyrus, Canna, la massette (*Typha latifolia*).

II.2.4.2. Les avantages et Les inconvénients :

II.2.4.2.1. Les avantages :

1. Traitement naturel des nitrates et phosphates rejetés par les eaux usées par les espèces végétales choisies.
2. Un peu moins chère qu'une installation classique, d'autant plus qu'une partie du travail est faisable soi-même.
3. Pas de production de boues et contrôle aisé des rejets, excepté quand le prétraitement se fait par une fosse toutes eaux qu'il faut vidanger [39].

II.2.4.2.2. Les inconvénients :

1. Nécessite de l'entretien.
2. Les bactéries coliformes et autres éléments contenus dans les selles sont détruits par la chaleur. Vouloir les dissoudre dans un cycle de plantations aquatique est alors compliqué et risque de contaminer les eaux rejetées.
3. L'utilisation de toilettes sèches peut pallier ce problème, car les eaux à traiter ne seront plus issues que des eaux grises des lavages [40].

***CHAPITRE III : Présentation des
stations d'épuration d'étude :
Ouargla- Ghardaïa -Touggourt-
Témacine***

III.1. Présentation de la région et la STEP d'Ouargla :

III.1.1. La localisation géographique :

La wilaya d'Ouargla se trouve dans le Nord-est de la partie superficielle de 163 323 km², la wilaya est constituée de 21 communes regroupées dans 10 daïras. La province d'Ouargla se situe entre la wilaya d'El-Oued et la wilaya de Ghardaïa, elle joue un rôle d'équilibre économique très important, compte tenu de ses potentialités hydrocarbures, la ville de Ouargla relève de la province éponyme, elle est située entre 31°- 58' de l'altitude nord et 5°- 20' de l'altitude Ouest, entre 103 et 150 m au-dessus du niveau de la mer méditerranéenne. La wilaya d'Ouargla est l'une des principales Oases du Sahara Algérien, elle se situe approximativement à 800 Km de la capitale Alger. est limitée par :

- Biskra, Djelfa et El Oued : Au Nord.
- Illizi et Tamanrasset : Au Sud.
- Ghardaïa : A l'Ouest.
- Tunisie et El Oued : A l'Est.

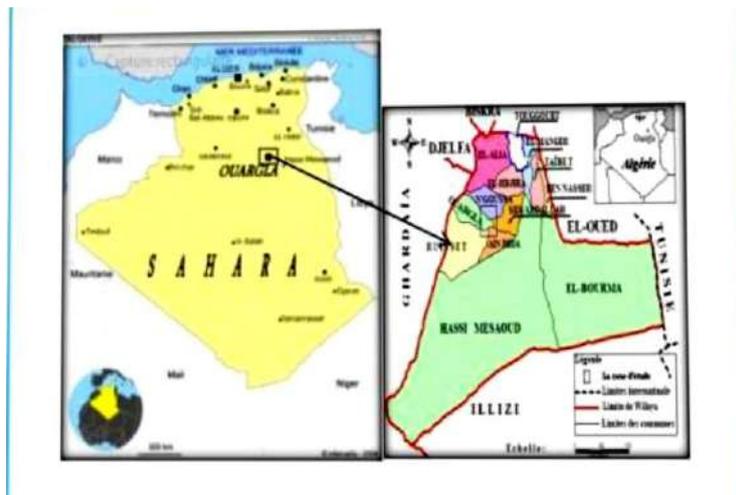


Figure (III. 01): Carte géographique d'Ouargla

III.1.2. Présentation la STEP d'Ouargla (Saïd-Otba) :

La station d'épuration des eaux usées se situe dans le quartier de Saïd-Otba au Nord de la ville d'Ouargla. Cette station, d'une capacité d'environ 400.000 équivalents habitants et mis en service en 2009, elle a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA (Office National de l'Assainissement). La réalisation de cette station faisait partie du grand projet d'assainissement et de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, lance dans la cuvette d'Ouargla (**figure III.02**) [41].

III.1.2.1. Caractéristiques techniques :

Procédé d'épuration : Lagunage aéré.

Capacité d'épuration : 400.000 EQH.

Lieu de rejet : Sebkhet sefioune.

Nature d'épuration : Domestique.

Temps de séjour : 12 jours.

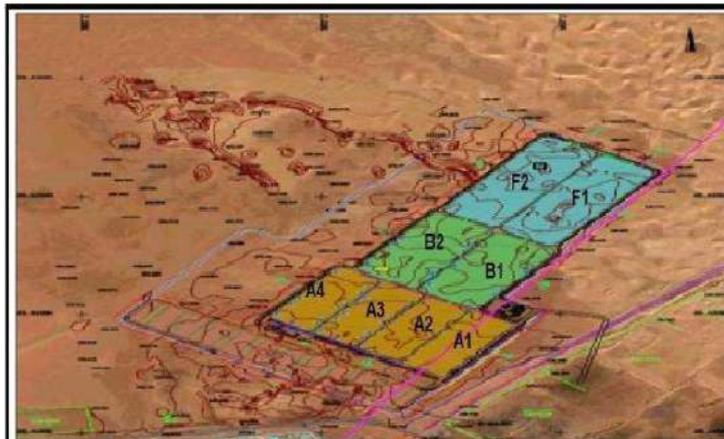


Figure (III.02):Vue aérienne de la station d'épuration d'Ouargla

III.1.2.2. Les Étapes du traitement des eaux usées dans la STEP :

L'épuration des effluents générés par l'agglomération de Ouargla consiste à traiter l'ensemble des eaux usées dans la station d'épuration de type lagunage aéré la filière de traitement consiste en :

A. Dégazage des eaux usées brutes :

Cette étape consiste à faire dégazer les eaux usées arrivant à la station d'épuration dans un bassin appelé bassin de dégazage. (**figure III.03**).



Figure (III.03): Entrée des eaux usées à la station (bassin de dégazage)

B. Prétraitement :

Le prétraitement comporte les éléments suivants :

B.1. Dégrillage :

Les eaux usées passent à travers deux Dégrilleur automatiques et un Dégrilleur manuel disposés en parallèle pour retenir les matières les plus volumineuses. (**Figure III.04**)



Figure (III.04) : Dégrilleur dans la station d'Ouargla

B.2. Dessablage :

Le dessablage permet par décantation de retirer les sables contenus dans les eaux usées, il est réalisé dans 3 canaux rectangulaires disposés en parallèle et dans lesquels se produit une décantation des sables. Les sables sont décantés et concentrés en fond d'ouvrage ensuite raclés à l'aide d'un racleur automatique programmé vers une fosse à sable, une pompe assure l'extraction des sables vers un classificateur à sable. Ce classificateur est séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonide. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'a pas un système de déshuilage (**figure III.05**). [42]



Figure (III.05) : Dessableur dans la station d'Ouargla

C. Un traitement biologique par lagunage aéré :

Après ces prétraitements, la filière de traitement biologique est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

Les effluents sont répartis entre quatre lagunes d'aération de premier étage vers deux lagunes d'aération de deuxième étage vers deux lagunes de finition de troisième étage.

Tableau(III.01) : rassemble les caractéristiques des lagunes

Caractéristique	Premier Etage	Deuxième Etage	Troisième Etage
Surface du bassin (Ha)	2.4	4.1	4.9
Nombre de bassins	4	2	2
Volume du bassin (m ³)	85200	113600	47024
Hauteur d'eau (m)	3.5	2.8	1.5
Temps de séjour (jour)	5	3	2

C.1. Les lagunes d'aération :

Assurent la dégradation de la matière organique grâce à un apport d'oxygène fourni par les aérateurs de surface qui fonctionnent à raison de 13 h /j.

Cette aération artificielle favorise le développement des microorganismes qui dégradent la matière organique en assimilant les nutriments. (**figure III.06**) [43].

C.2. La lagune de finition :

Assure la séparation des phases -eaux épurées et boues- et une amélioration des rendements d'épuration [43].



Figure (III.06): Lagune d'aération dans la station d'Ouargla

L'eau traitée au niveau de la STEP et les eaux de drainage sont transportées séparément vers Sebket sefioune en vue d'une réutilisation ultérieure en irrigation (Figure III.07).



Figure (III.07): Canales de transport des eaux usées (à gauche) et des eaux de drainage (à droite) Dans la station d'Ouargla [43]

III.2. Présentation de la région et la STEP de Ghardaïa

III.2.1. La localisation géographique :

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara à 32° 30 de l'altitude Nord et à 3° 45 de longitude. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984.

Elle est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;

· A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad (350 Km) ;

La Wilaya couvre une superficie de 86.560 km², comporte actuellement 13 communes regroupées en 9 dairates, pour une population de 4,17 habitants par Km² [44].

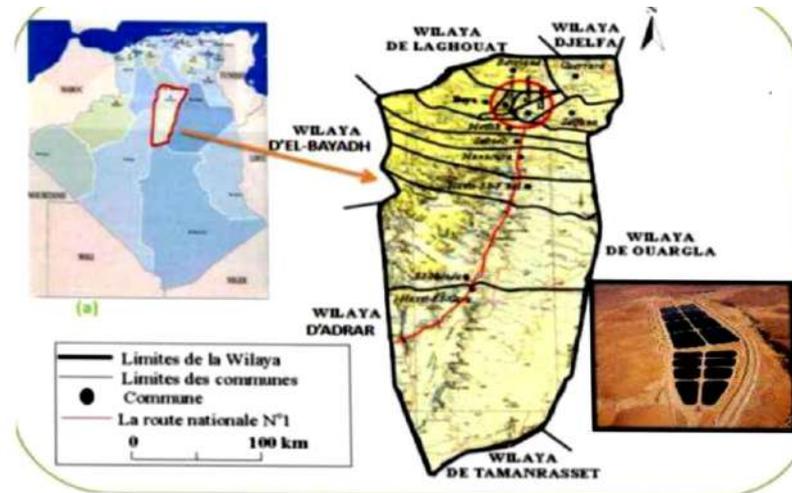


Figure (III.08) : Localisation géographique de la région de Ghardaïa

III.2.2. Présentation de la STEP de Ghardaïa :

Oued M'Zab est une zone caractérisée par une forte activité urbaine, agricole. Elle a été choisie à cause de la détérioration de l'environnement hydro édaphique, par la mauvaise gestion des eaux usées. Pour résoudre ce problème, les autorités locales ont mis en place un projet d'assainissement et de traitement des eaux usées par lagunage naturel en aval de l'Oued M'Zab. La station d'épuration (STEP) de Kef Doukhane est située dans la commune d'El Atteuf qui constitue l'aval de la vallée du M'Zab. Elle est située à 600 km au sud de la capitale Alger et à 12 km à l'est du chef-lieu de la commune de Ghardaïa. La STEP a une superficie totale: 79 ha, Capacité : 331 700 éq/hab., Nombre de lit de séchage: 10 lits, Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux, Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³ /j [44].



Figure (III.09) : La localisation géographique de la STEP de Ghardaïa

III.2.2.1. Caractéristiques et dimensions de la station :

La station d'épuration a été construite dans l'État de Ghardaïa au cours de la période 2008-2012 par une entreprise de construction AMENHYD SPA en collaboration avec B Get AQUATECH-AXOR Canada: Surveillance Design Bureau et de surveillance, il a été mis en service en novembre 2012 et a traité les eaux usées par la méthode de lagunage naturel en utilisant le prétraitement et le traitement primaire et secondaire, et Les boues retirées des bassins sont séchées dans les lits de séchage.



Figure (III.10): Vue aérienne de la STEP de Ghardaïa

*La capacité de la station d'épuration est actuellement de 25 000 m³ par jour, ce qui équivaut à 168 323 équivalents/personne et 46 400 m³ par jour. Aujourd'hui, équivalant à 331 700 équivalents/personne d'ici 2030, elle traite les eaux usées urbaines rejetées dans la vallée du M'Zab, où trois communes y sont actuellement reliées : Ghardaïa, Bonnoura et Atteuf par le réseau de drainage.

Tableau (III.02): Informations de base sur la STEP

	Le premier niveau	Le deuxième niveau
Nombre de lagunage	08 lagunes	08 lagunes
Volume total de lagunage	174 028,50m ³	464 000m ³
Le volume d'un lagunage	21 753,56m ³	58 000 m ³
Superficie totale	4,97ha	30,4ha
La superficie d'un lagunage	0,62ha	3,8ha
Profondeur de lagunage	3.6 m	1.6m
Temps de séjour	3 jours	10 jours
Fréquence de nettoyage une fois tous les :	3 ans	3 ans
Charge organique restante	5800 kg DBO5/j	2 320 kg DBO5/j
Minimum à DBO ₅	50 %	60 %

III.2.2.2. Les Étapes du traitement des eaux usées dans la STEP :

Les canalisations de collecte des eaux usées des zones urbaines transportent des matériaux hétérogènes et souvent volumineux à pour parvenir à la station d'épuration, l'eau "brute" doit subir, avant son traitement proprement dit, ce que l'on appelle des "prétraitements".

Elle est également appelée étape de prétraitement et vise à extraire la plus grande quantité possible de déchets solides et d'objets qui interférer avec le post-traitement ; Le traitement comprend :

III.2.2.2.1. Dégrillage et dessablage :

Le système se compose de deux tamis automatiques (la distance entre les barres est de 25 mm) placés en parallèle, en plus du caniveau de secours avec grille (distance estimée entre les barreaux) 40 mm, disposés en parallèle, permettant le confinement des déchets solides Si les tamis automatiques sont éteints. Le sable est enlevé au moyen de bassins rectangulaires avec des barrières opposées qui réduisent le taux de vitesse de l'eau, permettant par sédimentation du sable, les bassins sont nettoyés mécaniquement.



Figure (III.11): Dispositif de criblage mécanique



Figure (III.12): Réseau fixe dans le canal de dérivation



Figure (III.13): Bassins de décantation et de sédimentation sableuse



Figure (III.14): Sortie d'eau des bassins de sédimentation

III.2.2.2.2. Le Traitement primaire :

Un traitement primaire approprié est réalisé lors du passage des eaux usées dans des lagunages primaires dits « anaérobies », constitués de 8 bassins d'une superficie d'environ 0,62 hectare et d'une profondeur d'eau de 3,6 m. La hauteur du sommet des barrages qui entourent ces bassins est de 1m. Aucune fuite d'eau n'est assurée par une géo-membrane en bitumineuse permet des chemins entre les bassins qui sont de large marche 05 mètres autour des lagunages pour l'entretien.

III.2.2.2.3. Le Traitement secondaire :

Le cycle hydraulique du traitement secondaire est similaire à celui du traitement primaire dans les éléments suivants :

*Deux tubes d'un diamètre de 1000 mm, qui recueillent l'eau qui a subi un traitement primaire, atteignent le distributeur principal pour un traitement secondaire.

*L'eau est ensuite distribuée aux huit lagunage secondaires en parallèle.

Un traitement secondaire approprié est effectué au fur et à mesure que l'eau traverse des lagunages secondaires constitués de huit bassins d'une superficie d'environ 3,8 hectares, la profondeur de l'eau est de 1,6 m, la hauteur du sommet des barrages qui entourent ces bassins est de 1 m, et il est garanti qu'il n'y aura pas de fuite eau par géo - membrane en bitumine . Des allées de 5 mètres de large entre les bassins permettent de se promener lagunage à entretenir.



Figure (III.15): Bassins de traitement primaire et secondaire

III.2.2.2.4. Le Traitement des boues :

Le système d'assèchement des boues du lit du lagunage primaire et secondaire contient 10 lits à l'air libre. Séchage à un niveau supérieur au niveau du lagunage afin que le matériau filtrant puisse s'écouler dans les lagunages par gravité. En effet, les lits de séchage sont constitués d'une couche de sable et de gravier. En conséquence, la première étape est L'eau filtrée est drainée dans les lagunages, et dans la deuxième étape l'évaporation permet un séchage élevé des boues.



Figure (III.16): Photo d'un lit de déshydratation des boues

CHAPITRE III : Présentation des stations d'épuration d'étude : Ouargla- Ghardaïa - Touggourt-Témacine

Après traitement dans les bassins secondaires, l'eau traitée passe par deux tubes d'un diamètre de 1000 mm qui se déversent dans le complexe. Le rejet final est ensuite effectué directement dans la vallée du M'Zab.



Figure (III.17): Photo du rejet final dans la vallée du M'Zab

III.3. Présentation de la région et la STEP de Touggourt :

III.3.1. La localisation géographique [45] :

Touggourt est une ville d'Algérie de la wilaya d'Ouargla. La ville est située dans le Sahara Algérien à 620 km au sud-est d'Alger comme montre la **figure (III.18)**.

Elle est limitée par :

- *Au Nord : Daïra de Mégarine.
- *A l'Est : Daïra de Taïbat.
- *Au Sud : Daïra de Témacine et Daïra d'El-Hadjira.
- *A l'Ouest : Daïra de Messaad .



Figure (III.18): Situation de la ville de Touggourt [45]

III.3.2. Présentation la STEP de Touggourt :

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Béni Yassoued dans Tebesbest, sur la route d'El-Oued. Elle a été mise en service le 20/11/1991, réhabilitée en

2003 et traite aujourd'hui une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt [46].

III.3.3. Caractéristiques techniques : Procédé d'épuration : Boue activée.

Capacité d'épuration : 62500 EQH.

Débit installé : 1000 m³/j.

Lieu de rejet : Canal Oued Righ.

Nature d'épuration : Domestique.

Temps de séjour : 18.5h.

Le procédé biologique de traitement dans la station d'épuration de Touggourt consiste à un traitement par boue activée, et les étapes de traitement sont :

A. Relevage [46]:

L'eau brute arrivée sous pression par une conduite de refoulement depuis la ville, elle est chargée et s'écoule gravitairement dans un canal de 800mm de large (**Figure III.19**).



Figure (III.19) : Relevage dans la station de Touggourt

B. Dégrillage :

Le dégrillage prendra place dans un regard en tête de la station, après le poste de relevage. L'installation comporte: (**Figure III.20**).

- Une grille mécanisée
- Une grille de by-pass à raclage manuel.



Figure (III.20): Dégrillage dans la station de Touggourt

C. Dessablage-déshuilage :

L'eau dégrillée passe dans le dessableur-déshuileur aéré. L'aération du dessableur-déshuileur fait par 02 surpresseurs d'air. Le sable décanté est évacué par une pompe à sable submersible portée par un pont racleur qui fait le « va-et-vient », il est évacué dans un container en acier galvanisé (**Figure III.21**).

Les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation, elles sont raclées en surface pour être récupérées dans un container à huile.



Figure (III.21) : Dessablage-déshuilage dans la station de Touggourt

D. Bassin d'aération :

L'eau est répartie dans deux bassins d'aération rectangulaires. L'apport en oxygène est assuré par 04 turbines d'aération, l'eau aérée est transférée vers les deux décanteurs à partir de deux goulottes installées latéralement (**figure III.22**). [46]



Figure (III.22) : Bassin d'aération dans la station de Touggourt

E. Décanteur secondaire :

L'eau décantée est évacuée par des lames du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goulotte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration (**Figure III.23**).



Figure (III.23): Décanteur secondaire dans la station de Touggourt

F. Bassin de chloration :

La désinfection s'effectue dans le bassin de chloration rectangulaire, elle est assurée par l'hypochlorite de sodium « NaClO ». L'eau en passe par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer. L'eau désinfectée est évacuée à partir de bassin de chloration par une conduite, elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued Righ (**Figure III.24**).



Figure (III.24): Bassin de chloration dans la station de Touggourt

G. Vis d'Archimède (boue de recirculation) :

Les boues proviennent des fonds des deux décanteurs. Elles sont raclées et collectées dans la fosse centrale à partir de laquelle, elles sont transférées gravitairement vers une bache à boue par une conduite. La plus grande partie, dite « boue de recirculation » est recyclée vers le bassin d'aération et l'autre partie, dite « boue en excès » est pompée vers l'épaississeur (**Figure III.25**).



Figure (III.25) : Vis d'Archimède dans la station de Touggourt

H. Epaisseur (boue en excès) :

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues (**figure III.26**).



Figure (III.26): Epaisseur de la station de Touggourt

J. Lits de séchage :

Après épaississement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues exposées à l'air libre subissent une double déshydrations : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité (**Figure III.27**).



Figure (III.27): Lits de séchage dans la station de Touggourt

Le **tableau III.03** présente le dimensionnement des bassins de traitement.

CHAPITRE III : Présentation des stations d'épuration d'étude : Ouargla- Ghardaïa - Touggourt-Témacine

Tableau (III.03) : Dimensions des bassins de traitement au niveau de la station de Touggourt

	Bassin d'aération	Bassin secondaire	Bassin chloration	Bassin l'épaississement	Bassin les lit séchage
Volume (m ³)	7.200	1.175	278.8	208	18.250
Surface (m ²)		452		50	200
Profondeur(m)	4.5	2.6	3.20	0.5	0.4
Temps de passage (heure)	18.5	3.5	27	3.3	

III.4. Présentation de la région et la STEP de Témacine:

III.4.1.La localisation géographique :

Temacine est une commune de la wilaya d'Ouargla qui se situe dans la région d'Oued Righ.

Elle est limitée :

*Au Nord par Nazla

*Au Sud par Beldet Amor

*A l'Est par M'naguer

*A l'Ouest par El-Alia

Sa superficie est de 300 Km², représentant 18% de la surface totale de la wilaya.

La Daïra de Témacine est constituée de quatre Communes :

Commune de Témacine, Commune de Tabelaht, Commune de Lebhour, Commune de Sidi Amer.

III.4.2. Présentation la STEP de Temacine:

La station waste water garden (**WWG**) de vieux Ksar de Temacine été essentiellement créée dans le but de traiter 15m³/jour d'eau usées pour une production de 100 personnes et à raison de 150 L par habitant/jour .**La figure (III.28)** présente la station de Temacine.

III.4.2.1. Caractéristiques techniques [47]:

Procédé d'épuration : Phyto-épuration.

Capacité d'épuration : 1500 EQH.

Débit installé : 15 m³/j

Lieu de rejet : Canal Oued Righ.

Nature d'épuration : Domestique.

Temps séjour : 07 jours.

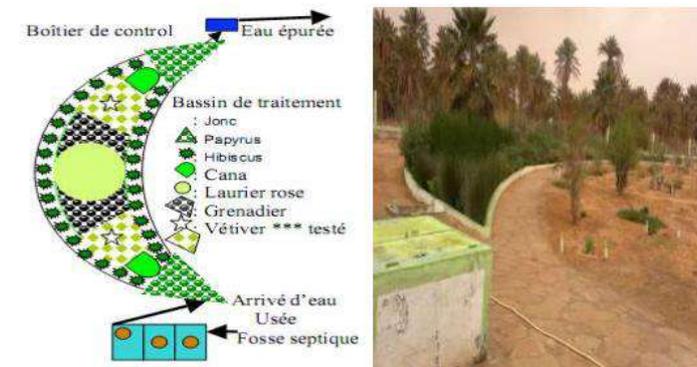


Figure (III.28): station de Témacine

III.4.2.2. Système de travail:

Le bassin il existe la condition de la zone humidité naturel, on il est puissance par traitement la pollution. Léau passe à travers une couche de gravier et des racines des plantes qui sont alimentées par les élémentaires issus dans l'eau .Ce système utilise deux types de traitement des eaux usées (traitement primaire et traitement secondaire) [48]

III.4.3. Les étapes de traitement dans le système:

III.4.3.1. Traitement primaire (traitement physique):

III.4.3.1.1. Fosse septique:

La fosse septique tient lieu de traitement primaire, avec un filtre à la sortie des eaux et une cheminée de respiration. Elle est composée de trois (03) chambres principales, le volume total de la fosse est de 45 m³ et le temps de résidence des eaux usées dans la fosse est de 03 jours de séjour d'eaux. Assuré par une fosse septique de telle manière d'assurer une bonne décantation des particules en suspensions et bonne rétention des matériaux flottantes telle que les sables, argiles, limons, huiles, plastiques,...



Figure (III.29): Fosse septique



Figure(III.30): Chambre 01



Figure (III.31) : Chambre 02

A la sortie de la fosse on signale l'existence d'un filtre à mail rempli par le lif (fibre de palmier).



Figure(III.32) : Chambre 03

III.4.3.1.2. Filtre de la fosse septique:

Un filtre, avec un tube de 500mm de diamètre, corde d'une coté afin de pouvoir soutenir une première fabriqué en maille de plastique, rempli de lif (fibre de palmier). Le lif a l'avantage d'être un matériel local et peu cher, qui il est changé plus fréquemment.



Figure (III.33): Filtre utilise dans le traitement

III.4.3.2. Traitement secondaire (traitement biologique):

III.4.3.2.1.Bassin WWG:

C'est un traitement biologique, assuré par un bassin WWG, imperméabilisé, remplis de gravier et plante, par des plantes pouvant vivre en milieu saturé d'eau usée.



Figure (III.34): Bassin de traitement secondaire

La surface totale du bassin est de 400 m² à son volume de 260 m³, le niveau de l'eau dans le bassin est de 0.55 m recouvert par une couche de gravier allant 10 à 15 cm.

A l'intérieur du bassin des murs de ralentissement rajoutée afin d'assurer que l'eau prendre leur temps nécessaire dans le bassin (le temps de séjour de l'eau dans le bassin est de 05 jours). Il compte 1000 plantes de 23 espèces, ces plantes collectent les nutriments et l'eau à travers leurs racines. Malheureusement certains espèces ne sont pas réussit dans le bassin à des raisons multiples [48]

III.4.3.2.2. Boîtier de contrôle:

Le boîtier de contrôle est généralement placé dans l'unité de traitement WWG ou à l'extérieur comme c'est le cas de la station WWG de Témacine, il est permet de contrôler le niveau d'eau dans l'unité et facilite l'écoulement de l'eau traitée vers la zone de drain (filtre vert) [49].



Figure (III.35): Boîtier de contrôle



Figure (III.36): Bassin de l'eau traitée



Figure (III.37) : Eau traitée

III.4.3.2.3. Zone de drainage:

L'eau évacuée du bassin WWG est dirigée vers des tranchées de drainage pouvant servir à alimenter une zone verte additionnelle dont les plantes bénéficient également des nutriments toujours présents dans l'eau.

Le système comporte un réseau de drainage gravitaire souterrain. L'eau transitant par le boîtier de contrôle du bassin WWG, est ensuite orientée vers deux conduites principales [50].



Figure (III.38): Zones de drainages

III.4.4. Différents types de la plantes dans le bassin de Témacine:

Dans le bassin WWG de Temacine qu'ils sont utilisent quelque types des plantes . Dans le tableau suivant la description des plantes utilisées dans le traitement des eaux usées dans la station :

Tableau(III.04) : Description des plantes utilisent dans la station

Nome de plante	Le nom scientifique et la famille	Description	Utilisation
<i>La plante de Jonc</i>	<i>(Juncus maritimus) de la famille de joncaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> *Est une plante vivace pouvant dépasser 1 mètre de hauteur. *Elle se développe dans les lieux humides et origine des zones tempérées, et utilisé en bordure d'eau. *Elle est répartie dans tout le Sahara. 	*C'est un pâturage apprécié par les animaux d'élevage.
<i>La plante de Laurier rose</i>	<i>Le nom scientifique est Nerium aleander, de la famille d'Apocynaceae.</i>	<ul style="list-style-type: none"> *Il constitue aussi une très bonne fibre de tissage fin. *Est un arbuste d'environ 2 mètre de hauteur. *Son origine est le proche orient. *Il a besoin d'une situation ensoleillée et chaude. *Plante des berges des oueds, exposition au sel. 	<ul style="list-style-type: none"> *On le réserve généralement aux haies en pleine terre. *A la décoration d'une terrasse.

CHAPITRE III : Présentation des stations d'épuration d'étude : Ouargla- Ghardaïa - Touggourt-Témacine

La massette	<i>(Typha angustifolia), de famille typhacea</i>	<ul style="list-style-type: none"> *La massette possède des feuilles étroites. *La partie femelle et très allongée, plus étroite et d'un marron très clair. 	*La massette est communément collectée pour réaliser bouquets secs
Le papyrus	<i>Le nom scientifique : Cyperus papyrus, et de famille:cyperaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> *C'est une herbe annuelle ou vivace qui mesure de 1 à 3 mètre. *Les feuilles sont longues et en forme de quille étroite. *Se termine par une ombelle. *Composé de nombreux épis retombants. *Un verticille de huit feuilles. *Plante marécageuse origine d'Egypte. 	*utilisée dans l'industrie de papier et décoration
Canna	<i>Le nom scientifique : Canna indica est de famille : Cannaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> *Sole légers. *Fertile et humide, il craint le froid 	



Figure (III.39): Différents types des plantes utilisées dans la station de Témacine

CHAPITRE IV: Résultats et discussion

***Introduction :**

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée dans les stations d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla (lagunage aéré), la ville de Ghardaïa (lagunage naturel), la ville de Touggourt (la boue activée), la ville de Témacine (la phyto-épuration) au cours de l'année 2019 (du Janvier au Décembre).

Afin de déterminer la qualité des eaux usées dans chaque station d'épuration, nous avons effectué les analyses de différents paramètres de pollution.

IV.1. Les résultats :

IV.1.1. Caractéristiques des eaux usées (brutes) et (épurées) des stations étudiées :

Les différentes analyses de paramètre de pollution de chaque station sont représentées dans les tableaux suivants .

Tableau(IV.01) : Les valeurs maximales entrantes et sortantes dans chaque station d'épuration

STEPs Paramètres de pollution	Les valeurs maximales entrantes à la STEP				Les valeurs maximales sortantes de la STEP			
	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Température (°C)	33.1	29.83	32.20	33.4	31.7	29.1	31	33.10
O ₂ (dissous) (mg/L)	1.9	1.69	0.94	0.990	6.01	1.71	5.280	3.44
pH	7.7	8.3	7.57	7.50	8.02	8.50	7.67	7.28
CE (mS/cm)	49.78	3.92	6.22	3.32	45.28	3.09	5.95	4.30
Salinité (mg/L)	34013.64	2.16	3.3	3	30818.01	2.01	3.20	3.8
MES (mg/L)	281	241.75	354	526	165	99	24	26
DCO (mg/L)	561	329	378	388	190.15	128	42.40	61.8
DBO ₅ (mg/L)	205	262.50	200	160	66.67	78.50	21	56
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.9	0.41	0.141	0.152	0.50	0.70	0.095	0.320
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	1.27	0.82	0.00	0.00	1.98	0.74	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	5.04	3.04	0.00	0.00	3.73	1.66	0.00	0.00
NT (mg/L)	125.5	152	0.00	0.00	122.85	152	0.00	0.00

CHAPITRE IV: Résultats et discussion

N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	39.28	125	0.00	0.00	43.60	143	0.00	0.00
---------------------------------------	-------	-----	------	------	-------	-----	------	------

Tableau (IV.02): Les valeurs minimales entrantes et sortantes dans chaque station d'épuration

STEP _s Paramètres de pollution	Les valeurs minimales entrantes à la STEP				Les valeurs minimales sortantes de la STEP			
	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Température (°C)	19.36	14.87	19.80	16.90	15.52	14.32	17.30	16.90
O ₂ (dissous) (mg/L)	0.26	0.09	0.090	0.110	0.82	0.10	2.110	1.03
pH	7.26	7.77	7.06	6.80	7.26	8.09	7.28	6.46
CE (mS/cm)	11.93	3.16	5.20	3.07	13.07	3.02	4.27	3.37
Salinité (mg/L)	2386	1.93	2.8	1.6	237	1.91	2.70	1.80
MES (mg/L)	82	54	47	50	28	40.75	13.40	8.30
DCO (mg/L)	262.9	79.20	249	120	93.55	53.40	13.80	06
DBO ₅ (mg/L)	90	68	90	30	18.33	23	1.00	06
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.02	0.01	0.032	0.00	0.04	0.02	0.014	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.182	0.19	0.00	0.00	0.02	0.25	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.328	0.91	0.00	0.00	0.70	0.24	0.00	0.00
NT (mg/L)	34.90	21.80	0.00	0.00	32.6	21.80	0.00	0.00
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	21.4	13.20	0.00	0.00	24.92	22.6	0.00	0.00

Tableau (IV.03) : Les valeurs moyenne entrant et sortant dans chaque stations

STEP _s Paramètres de pollution	Les valeurs moyennes entrantes à la STEP				Les valeurs moyennes sortantes de la STEP			
	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Température(°C)	24.35	22.79	27	25.5	22.36	22.93	25	24.55
O ₂ (dissous) (mg/L)	0.89	0.75	0.327	0.502	1.94	0.79	4.01	1.73
PH	7.38	7.95	7.32	7.13	7.65	8.32	7.39	6.87
CE (mS/cm)	28.39	3.58	5.67	3.18	26.99	3.39	5.48	3.66
Salinité (mg/L)	15631.5	2.04	3.05	1.76	1376.3	1.97	3.05	2.11
MES (mg/L)	158.18	106	184.7	205.638	85.63	72	19.53	19
DCO (mg/L)	384.52	195	297.08	211.7	113.63	89	30.63	26.49
DBO ₅ (mg/L)	150.69	123	135.83	97.72	40.30	46	11.91	18.77
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.21	0.11	0.099	0.055	0.14	0.19	0.050	0.047
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.53	0.49	0.00	0.00	0.39	0.44	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	3.29	1.84	0.00	0.00	2.44	0.95	0.00	0.00
NT (mg/L)	60	63.88	0.00	0.00	65.61	63.88	0.00	0.00
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	30.68	37.6	0.00	0.00	32.7	39.44	0.00	0.00

IV.1.2. Facteur de biodégradation (DCO/DBO₅):

Le rapport DCO/DBO₅ détermine la biodégradabilité des matières organiques issues des rejets d'eaux usées. Ainsi, un rapport égal ou supérieur à 3 indique une mauvaise biodégradation, qui peut être attribuée à la résistance de la matière organique en solution, l'absence d'oxydation du milieu aqueux d'où la nécessité d'utiliser des méthodes plus efficace vis-à-vis de ce rejet. Ce rapport permet également de déduire si les eaux usées leur rejet direct dans le milieu récepteur présente les caractéristiques des eaux usées domestiques [51].

Tableau(IV.04) : Le facteur de la biodégradabilité des stations : Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine de Janvier au Décembre 2019

Stations d'épuration	STEP Ouargla (Saïd Otba)			STEP Ghardaïa			STEP Touggourt			STEP Témacine		
	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅
Janvier	450	143.3	3.14	79.2	68	1.165	275	110	2.50	118	50	2.36
Février	561	200	2.81	184.5	107.5	1.716	254	140	1.81	161	80	2.01
Mars	531	200	2.66	155	121	1.281	358	150	2.38	126	/	/
Avril	304	100	3.4	307	151.7	2.023	274	130	2.10	219	160	1.36
Mai	314.3	126.6	2.61	192.5	129.5	1.486	298	150	1.98	228	135	1.68
Juin	353.2	205	1.72	329	262.5	1.253	341	200	1.705	340	120	2.83
Juillet	387.5	140	2.77	257.5	90.5	2.865	256	150	1.70	131	70	1.87
Août	359	160	2.24	229.5	83	2.765	249	90	2.76	224	130	1.72
Septembre	324	153.3	2.11	149	142.3	1.047	378	140	2.70	299	144	2.13
Octobre	262.9	195	1.35	147.5	100.5	1.468	298	130	2.29	120	30	04
Novembre	460	90	5.11	139.5	17	1.304	305	130	2.34	187	50	3.74
Décembre	307.3	95	3.24	175	114.67	1.526	279	110	2.53	388	110	3.52

IV.1.3. Le rendement d'épuration :

Pour calculer le rendement (**R%**) dans chaque station, nous appliquons la formule suivante :

$$\mathbf{R\% = [(X\ entrée - X\ sortie) / X\ entrée] \times 100}$$

R% : Le rendement en %

X entrée : La valeur de paramètre a l'entrée

X sortie : La valeur de paramètre de la sortie

IV.2. Discussion des résultats :

IV.2.1. Evolution temporelle de la température :

D'après la figure (IV.01), On remarque que les valeurs moyennes de la température diminuent dans l'eau traitée à travers les différents bassins par rapport aux eaux usées non épurées.

*** Dans le cas des eaux usées entrantes**, la température moyenne de la station d'Ouargla est de 24.35 °C, elle oscille entre la valeur maximale 33.10 °C au mois de Juillet et la valeur minimale 19.36 °C au mois de Février, la température moyenne de la station de Ghardaïa, est de 22.79 °C ; la valeur maximale est de 29.83 °C au mois de Juillet et la valeur minimale est de 14.87 °C au mois de Janvier. La température moyenne de la station de Touggourt est de 27 °C, elle varie entre la valeur maximale 32.20 °C au mois de Juillet et la valeur minimale 19.80 °C au mois de Février, enfin la température moyenne de la station de Témacine est de 25.5 °C ; la valeur maximale est de 33.4°C au mois d'Avril et la valeur minimale est de 16.90 °C au mois de Janvier.

*** Dans le cas des eaux usées traitées**, la température moyenne de la station d'Ouargla est de 22,36 °C, elle oscille entre la valeur maximale 31.7 °C au mois de Juillet et la valeur minimale 15.52 °C au mois de Décembre, la température moyenne de la station de Ghardaïa est de 22,93 °C ; la valeur maximale est de 29.1 °C au mois d'Août et la valeur minimale est de 14.32 °C au mois de Janvier. La température moyenne de la station de Touggourt est de 25 °C, elle varie entre la valeur maximale 31 °C au mois de Juillet et la valeur minimale 17.30 °C au mois de Février, et enfin la température moyenne de la station de Témacine est de 24.55 °C ; la valeur maximale est de 33.10 °C au mois d'Août et la valeur minimale est de 16.90 °C au mois de Janvier.

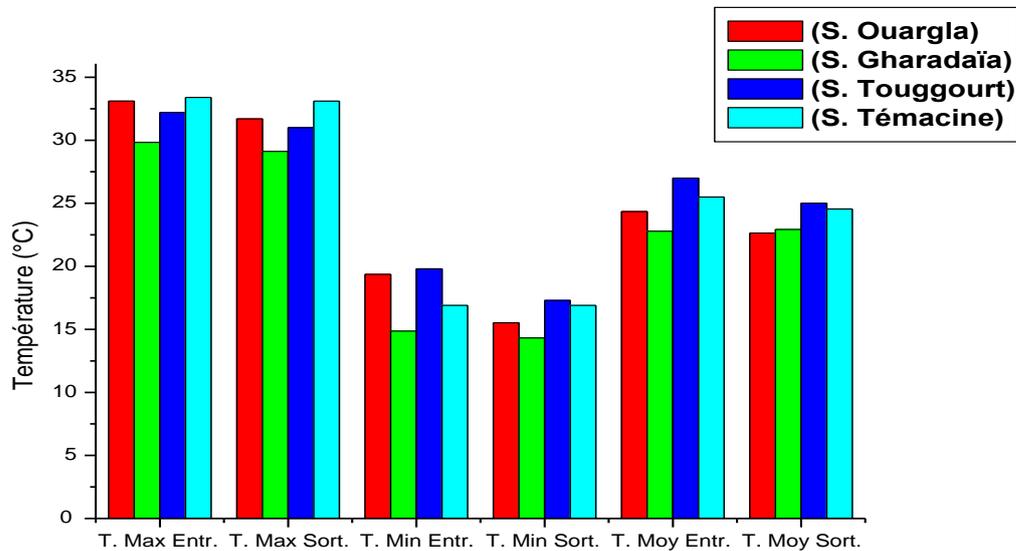


Figure (IV.01): Evolution temporelle de la température (T°C) pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Gharadaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La diminution de la température dans les bassins traités s'explique par une diminution du nombre de bactéries et des réactions biochimiques [52].

IV.2.2. Evolution temporelle de l'Oxygène dissous :

D'après la figure (IV.02), On remarque que les valeurs moyennes de O₂ dissous sont élevées dans l'eau traitée à travers les différents bassins par rapport aux eaux usées non épurées.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de O₂ dissous dans la station d'Ouargla est de 0.89 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 1.9 (mg/L) au mois de décembre et la valeur minimale 0.26 (mg/L) au mois d'Aoûte , la valeur moyenne de O₂ dissous dans la station de Gharadaïa, est de 0.75 (mg/L); la valeur maximale est de 1.69 (mg/L) au mois de Janvier et la valeur minimale est de 0.09 (mg/L) au mois de Novembre. La valeur moyenne de O₂ dissous de la station de Touggourt est de 0.327 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale 0.94 mg/L au mois de Janvier t et la valeur minimale 0.09(mg/L) au mois d'Aoûte , enfin la valeur moyenne de O₂ dissous de la station de Témacine est de 0.502 (mg/L) ; la valeur maximale est de 0.99 (mg/L) au mois de Juillet et la valeur minimale est de 0.110 (mg/L) au mois de Juin.

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de O₂ dissous de la station de Ouargla est de 1.94(mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 6.01 (mg/L) au mois de Novembre et la valeur minimale 0.82 (mg/L) au mois de Avril, la valeur moyenne de O₂ dissous la station de Ghardaïa est de 0.79 (mg/L) ; la valeur maximale est de 1.71(mg/L) au mois de Janvier et la valeur minimale est de 0.10 au mois de Novembre . La valeur moyenne de O₂ dissous de la station de Touggourt est de 4.01 (mg/L) , elle varie entre la valeur maximale est de 5.280(mg/L) au mois de Mai et la valeur minimale 2.110(mg/L) au mois de Décembre , et enfin la valeur moyenne de O₂ dissous de la station de Témacine est de 1.73 (mg/L) ; la valeur maximale est de 3.44 mg/L au mois de Décembre et la valeur minimale est de 1.03 (mg/L) au mois de Septembre. **Donc la concentration de l'O₂ dissous dans la station d'Ouargla est de bonne qualité, est de mauvaise qualité dans la station de Ghardaïa, est de qualité acceptable dans la station de Touggourt par contre sa qualité est médiocre dans la station de Témacine, selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé (OMS)1971.**

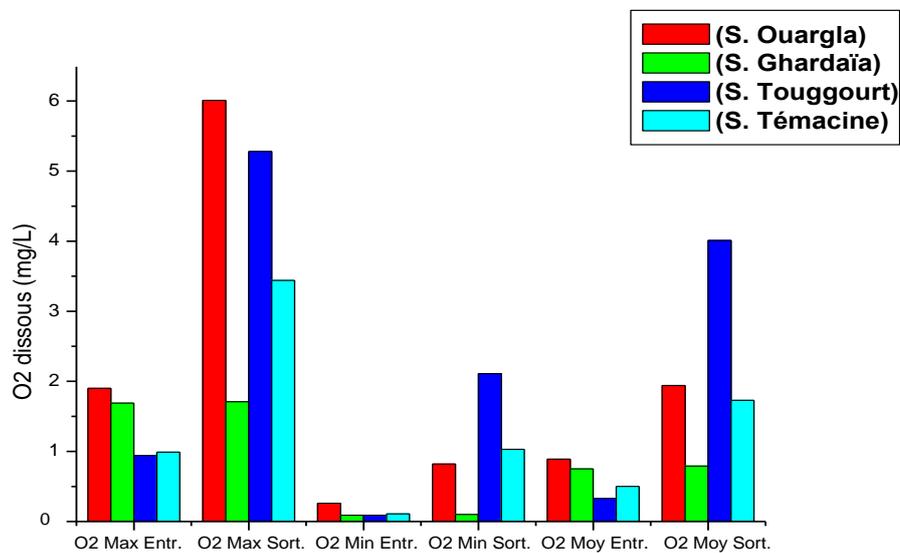


Figure (IV.02) : Evolution temporelle de l'oxygène dissous (mg/L) pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Les teneurs en O₂ dissous enregistrées à la sortie sont nettement supérieures à celles de l'entrée, ceci est dû à bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées. 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.) [52].

Tableau(IV.05): Rendement d'épuration d'Oxygène dissous dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	68.38	1.16	82.19	71.22
Rendement minimal (%)	68.29	10	95.73	89.32
Rendement moyen (%)	54.12	5.02	91.89	70.98

IV.2.3.Evolution temporelle de pH :

D'après la figure (IV.03), Nous remarquons que le pH moyen est élevé dans l'eau traitée dans différents bassins par rapport à l'eau utilisée dans chaque station.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, le pH moyen de la station d'Ouargla est de 7.38, elle oscille entre la valeur maximale 7.7 au mois de Mai et la valeur minimale 7.26 au mois de Février, le pH moyen de la station de Ghardaïa, est de 7.95; la valeur maximale est de 8.3 au mois de Janvier et la valeur minimale est de 7.77 au mois de Décembre. Le pH moyen de la station de Touggourt est de 7.32, elle varie entre la valeur maximale 7.57 au mois de Juillet et la valeur minimale 7.06 au mois de Mai, enfin le pH moyen de la station de Témacine est de 7.13 ; la valeur maximale est de 7.50 au mois de Juillet et la valeur minimale est de 6.80 au mois de Février. **Donc** quant à la station d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine, elles sont dans les normes des rejets d'effluent liquides industriels, selon le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006.

* Dans le cas des eaux usées traitées, le pH moyen de la station de Ouargla est de 7.65, elle oscille entre la valeur maximale 8.02 au mois de Juin et la valeur minimale 7.26 au mois de Janvier, le pH moyen de la station de Ghardaïa est de 8.32; la valeur maximale est de 8.50 au mois de Février et la valeur minimale est de 8.09 au mois de Décembre. Le pH moyen de la station de Touggourt est de 7.39, elle varie entre la valeur maximale 7.67 au mois de Juillet et la valeur minimale 7.28 au mois de Mai, et enfin le pH moyen de la station de Témacine est de 6.87 ; la valeur maximale est de 7.28 au mois Mai, et la valeur minimale est de 6.46 au mois de Septembre. **Donc** quant à la station de Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine, elles sont conformes aux normes irriguée des eaux épurées ,selon larrêté interministériel du 02 Janvier 2012.

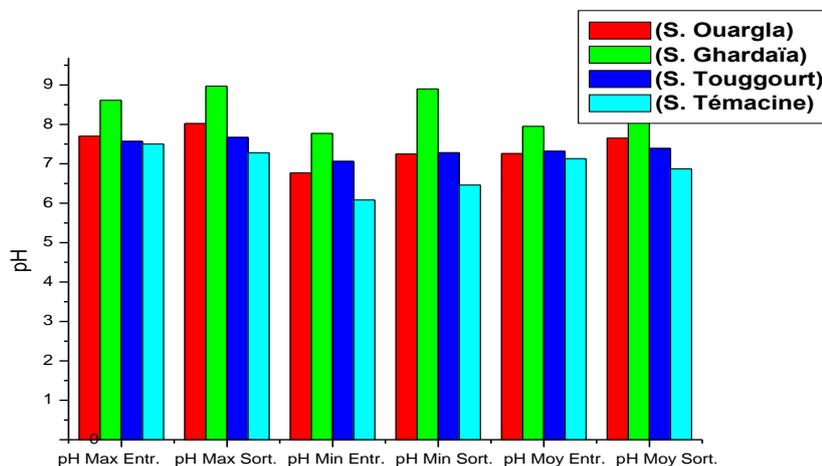


Figure (IV.03) : Evolution temporelle de pH pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La plupart des valeurs de pH ont été enregistrées au cours de l'étude vers les valeurs de base, et la raison en est due à la présence de carbonates et bicarbonate dans l'eau naturelle en abondance. En général, la valeur du pH augmente lorsque le débit est faible aussi lorsque la densité de phytoplancton est élevée (le plancton comprend des micro-organismes de petites algues), Lorsque le processus de photosynthèse est activé, la consommation de dioxyde de carbone augmente et sa valeur augmente le pH, car il a été noté que certaines des valeurs de pH ont tendance à être acides et la raison de l'enregistrement de ces valeurs peut être due à cela un pH bas entraîne une dilution à une hauteur d'eau appropriée et une augmentation du débit et des précipitations. Nous expliquons l'augmentation de la valeur du pH dans le cas de l'eau traitée par l'intense activité bactérienne dans revitalisation des lacs où une grande

consommation d'oxygène et donc le dégagement d'une grande quantité de dioxyde de carbone. [52].

IV.2.4. Evolution temporelle de la Conductivité Electrique(CE) :

D'après la figure (IV.04), Nous constatons que les valeurs moyennes de la conductivité diminuent dans l'eau traitée dans différents les bassins par rapport à l'eau utilisée dans chacune des stations de Ouargla, Ghardaïa et Touggourt ,et monter à la station de Témacine.

*** Dans le cas des eaux usées entrantes,** la conductivité moyenne de la station d'Ouargla est de 28.39 (mS/cm)=, elle oscille entre la valeur maximale 49.78 (mS/cm) au mois de Avril et la valeur minimale 11.93 (mS/cm) au mois de Décembre, la conductivité moyenne de la station de Ghardaïa, est de 3.58 (mS/cm); la valeur maximale est de 3.92 (mS/cm) au mois de Juillet et la valeur minimale est de 3.16 (mS/cm) au mois de Février. La conductivité moyenne de la station de Touggourt est de 5.67 (mS/cm) , elle varie entre la valeur maximale 6.22 (mS/cm) au mois de Novembre et la valeur minimale 5.20 au mois de Février , enfin la conductivité moyenne de la station de Témacine est de 3.18 (mS/cm) ; la valeur maximale est de 3.32 (mS/cm) au mois de Février et la valeur minimale est de 3.07 (mS/cm) au mois de Mars .

*** Dans le cas des eaux usées traitées,** la conductivité moyenne de la station de Ouargla est de 2.699(dS/cm), elle oscille entre la valeur maximale 4.528 (dS/cm) au mois de Avril et la valeur minimal 1.307 (dS/cm) au mois de Décembre, la conductivité moyenne de la station de Ghardaïa est de 0.339 (dS/cm); la valeur maximale est de 0.415 (dS/cm) au mois de Juin et la valeur minimale est de 0.302 (dS/cm) au mois de Février . La conductivité moyenne de la station de Touggourt est de 0.548 (dS/cm), elle varie entre la valeur maximale 0.595(dS/cm) au mois de Juin et la valeur minimale 0.427 (dS/cm) au mois de Mars , et enfin la conductivité moyenne de la station de Témacine est de 0.366 (dS/cm); la valeur maximale est de 0.430 (dS/cm) au mois Septembre et la valeur minimale est de 0.337 (dS/cm)] au mois de Janvier. **Donc** quant les stations de Ghardaïa, Touggourt et Témacine, elles sont dans les normes irriguées avec des eaux épurées, la station d'Ouargla est à peu près conformes aux normes selon l'arrêté interministériel du 02 Janvier 2012.

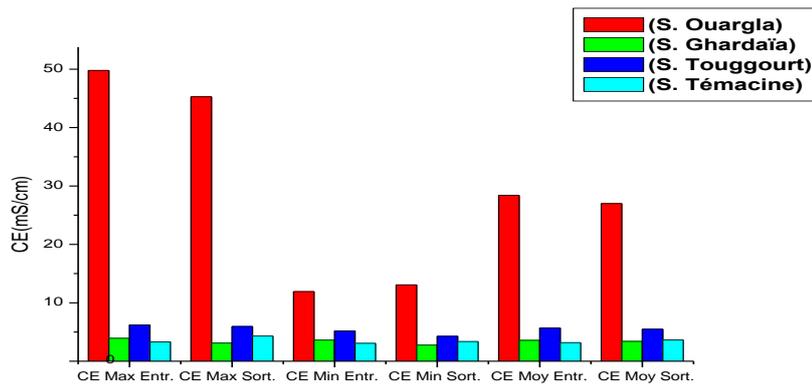


Figure (IV.04): Evolution temporelle de la conductivité électrique (CE) pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La raison des valeurs plus élevées de conductivité dans les eaux usées entrant aux stations d'épuration qui sont majoritairement d'origine domestiques, est due aux sels dissous (chlorures, sulfates, calcium, sodium et magnésium) et aussi à la transformation des matières organiques en matières métalliques. [53].

IV.2.5. Evolution temporelle de la Salinité :

En raison de la divergence importante des valeurs de salinité entre la station d'Ouargla et les autres stations, on a séparé les deux courbes l'une sur l'autre.

Premièrement : La station d'Ouargla

D'après la figure (IV.05), nous remarquons que les valeurs moyennes de salinité diminuent dans l'eau traitée dans différentes régions pour les bassins par rapport aux eaux usées, à l'exception de (Janvier, Juin et Décembre) selon les résultats obtenus dans la figure (IV.05).

*** Dans le cas des eaux usées entrantes,** la salinité moyenne est de 15631,55(mg/L), car elle varie entre la valeur maximale 34013,64 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 23.86 (mg/L) au mois de Novembre.

***Dans le cas de l'eau traitée,** la salinité moyenne est de 13976,38 (mg/L), car elle oscille entre la valeur maximale 30818,18 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 237 (mg/L) au mois de Juillet.

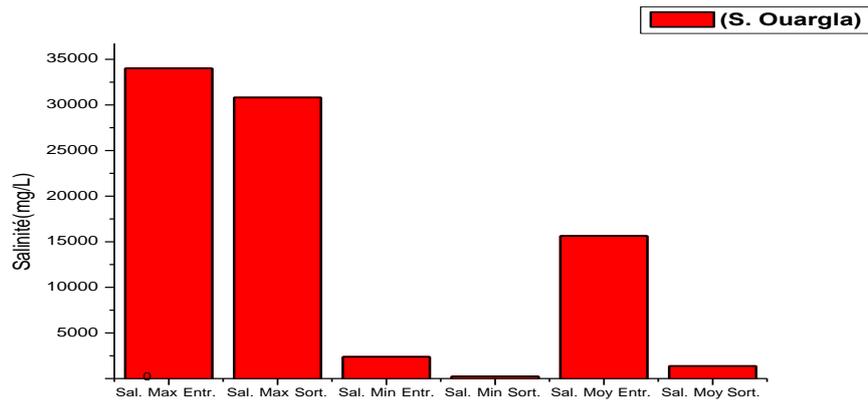


Figure (IV.05) : Evolution temporelle de la Salinité pour l'entrée et la sortie de la station d'Ouargla

Deuxièmement: La station de Ghardaïa, Touggourt et Témacine .

D'après la figure (IV.06)

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la Salinité moyenne de la station de Ghardaïa est de 2.04 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 2.16 (mg/L) au mois de Février et la valeur minimale 1.93 (mg/L) au mois d'Avril , la Salinité moyenne de la station de Touggourt est de 3.05 (mg/L); la valeur maximale est de 3.3 (mg/L) au mois d'Août et la valeur minimale est de 2.80 (mg/L) au mois de Février, et enfin la Salinité moyenne de la station de Témacine est de 1.76 (mg/L) ; la valeur maximale est de 03 (mg/L) au mois de Décembre et la valeur minimale est de 1.6 (mg/L) au mois de Janvier .

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la Salinité moyenne de la station de Ghardaïa est de 1.97 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 2.01 (mg/L) au mois de Juillet et la valeur minimale 1.91 (mg/L) au mois de Décembre, la Salinité moyenne de la station de Touggourt est de 3.05 (mg/L); la valeur maximale est de 3.20 (mg/L) au mois de Mai et la valeur minimale est de 2.70 (mg/L) au mois de Février , et enfin la Salinité moyenne de la station de Témacine est de 2.11(mg/L) ; la valeur maximale est de 3.8 (mg/L) au mois Décembre et la valeur minimale est de 1.80 (mg/L) au mois de Janvier.

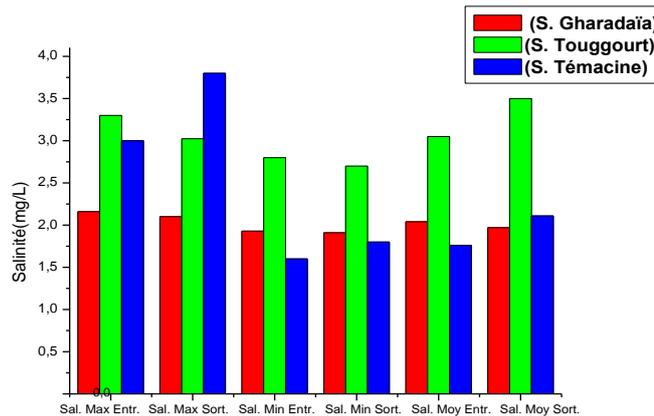


Figure (IV.06) : Evolution temporelle de la Salinité pour l'entrée et la sortie des stations de Gharadaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La salinité élevée dans la station de Ouargla due au mélange de l'eau d'entrée avec l'eau drainage. Avant de commencer le traitement. La raison de la forte salinité des eaux usées est le manque de mélange de l'eau domestique et industriels, il est probable que les valeurs trouvées proviennent de la salinité de l'eau potable dans la zone d'étude [54].

IV.2.6. Evolution temporelle des matières en suspension :

D'après la figure (IV.07), on remarque que les valeurs moyennes de MES diminuent dans l'eau traitée à travers les différents bassins par rapport aux eaux usées non épurées.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de MES dans la station d'Ouargla est de 158.18 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 281 (mg/L) au mois de Février et la valeur minimale 82 (mg/L) au mois de Novembre , la valeur moyenne de MES dans la station de Gharadaïa, est de 106 (mg/L); la valeur maximale est de 241.75 (mg/L) au mois de Avril et la valeur minimale est de 54(mg/L) au mois de Septembre. La valeur moyenne de MES de la station de Touggourt est de 184.7 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale est de 354 (mg/L) au mois de Octobre et la valeur minimale est de 47 (mg/L) au mois Décembre , enfin la valeur moyenne de MES de la station de Témacine est de 205.63 (mg/L) ; la valeur maximale est de 526 (mg/L) au mois de Janvier et la valeur minimale est de 50 (mg/L) au mois de Juillet. **Donc** quant à la station de Ouargla, Gharadaïa, Touggourt et Témacine, elles sont hors normes des rejets d'effluent liquides industriels, selon le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006.

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de MES dans la station d'Ouargla est de 85.63 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 165 (mg/L) au mois de Février et la

valeur minimale 28 (mg/L) au mois de Novembre, la valeur moyenne de MES dans la station de Ghardaïa, est de 72 (mg/L); la valeur maximale est de 99 (mg/L) au mois de Mai et la valeur minimale est de 40.75 (mg/L) au mois de Janvier. La valeur moyenne de MES de la station de Touggourt est de 19.53 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale est de 24 (mg/L) au mois de Mai et la valeur minimale est de 13.40 (mg/L) au mois Avril , enfin la valeur moyenne de MES de la station de Témacine est de 19 (mg/L) ; la valeur maximale est de 26 (mg/L) au mois de Décembre et la valeur minimale est de 8.30 (mg/L) au mois de Juillet.

Donc quant à la station de Ouargla, Ghardaïa, elles sont hors les normes des eaux épurées destinées à l'irrigation, la station de Touggourt et Témacine elles sont dans les normes, selon arrêté interministériel du 02 Janvier 2012. selon arrêté interministériel du 02 Janvier 2012.

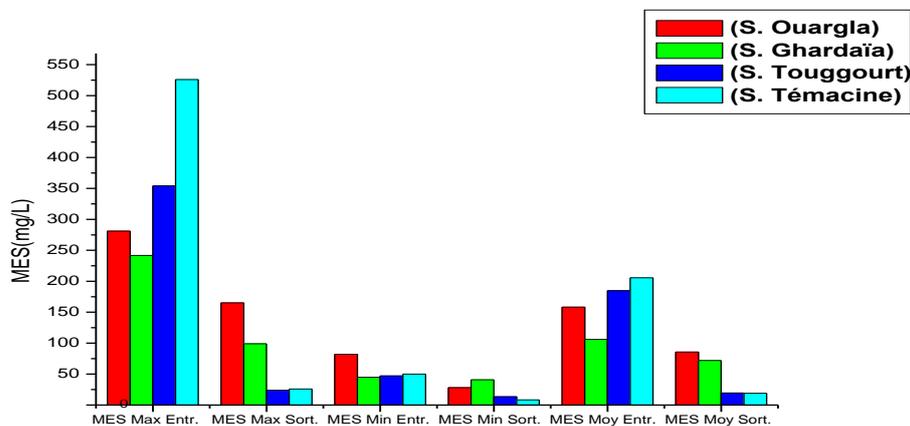


Figure (IV.07) : Evolution temporelle de MES pour l'entrée et la sortie des stations de Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

A travers ces valeurs, on note une diminution de la quantité de matières en suspension entre l'eau traitée et l'eau brute. La raison principale dans les bassins , l'apparition de processus physiques et de sédimentation dans les bassins. On note également la concentration des matières en suspension de l'eau traitée est supérieure au niveau requis, et cette forte concentration est due à la présence d'algues dans l'eau traitées. La variation de l'efficacité du traitement est également due à la modification de la concentration des substances en suspension dans l'eau brute.

Tableau(IV.06): Rendement d'épuration des matières en suspension dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	41.28	59.04	93.22	95.05
Rendement minimal (%)	65.85	24.53	71.48	83.4
Rendement moyen (%)	45.86	32.07	89.42	90.76

IV.2.7. Evolution temporelle de la DCO :

D'après la figure (IV.08), On remarque que les valeurs moyennes la DCO diminuent dans l'eau traitée à travers les différents bassins par rapport aux eaux usées non épurées.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de la DCO dans la station d'Ouargla est de 384.52 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 561 (mg/L) au mois de Février et la valeur minimale 262.9 (mg/L) au mois de Octobre , la valeur moyenne de la DCO dans la station de Ghardaïa, est de 195 (mg/L); la valeur maximale est de 329 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale est de 79.20 (mg/L) au mois de Janvier .La valeur moyenne de la DCO de la station de Touggourt est de 297.08 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale est de 378 (mg/L) au mois de Septembre et la valeur minimale est de 249 (mg/L) au mois d'Août , enfin la valeur moyenne de la DCO de la station de Témacine est de 211.7 (mg/L) ; la valeur maximale est de 388 (mg/L) au mois de Décembre et la valeur minimale est de 120 (mg/L) au mois de Octobre. **Donc quant à la station d'Ouargla, Touggourt elles sont hors normes des rejets d'effluent liquides industriels et la station de Ghardaïa et Témacine sont à,peu près dans les normes, selon le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006.**

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de la DCO dans la station d'Ouargla est de 113.63 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 190.15 (mg/L) au mois de Juillet et la valeur minimale 93.55 (mg/L) au mois de Avril, la valeur moyenne de la DCO dans la station de Ghardaïa, est de 89 (mg/L); la valeur maximale est de 128 (mg/L) au mois de d'Août et la valeur minimale est de 53.40 (mg/L) au mois de Janvier. La valeur moyenne de la DCO de la station de Touggourt est de 30.63 (mg/L), elle varie entre la valeur

Maximale 42.40 (mg/L) au mois de Février et la valeur minimale 13.80 (mg/L) au mois de Octobre, enfin la valeur moyenne de la DCO de la station de Témacine est de 26.49 (mg/L); la valeur maximale est de 61.8 (mg/L) au mois de d’Août et la valeur minimale est de 06 (mg/L) au mois de Décembre. **Donc** quant à la station de Ouargla, est hors les normes des eaux épurées destinées à l’irrigation, et la station de Ghardaïa, Touggourt et Témacine elles sont dans les normes, selon arrêté interministériel du 02 Janvier 2012. selon l’arrêté interministériel du 02 Janvier 2012.

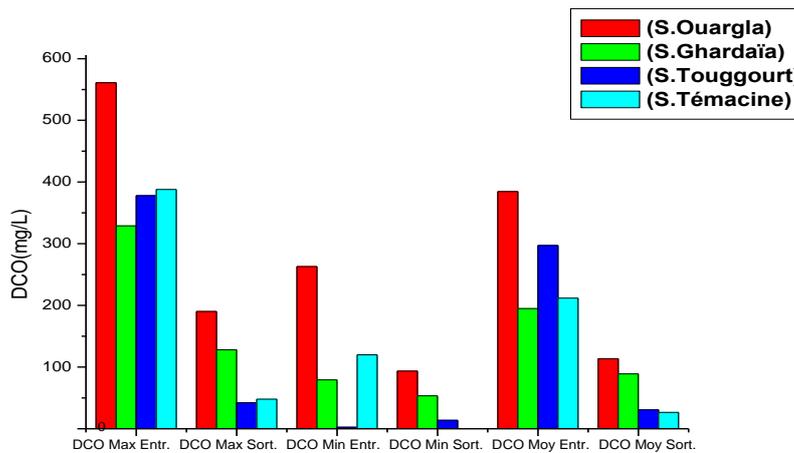


Figure (IV.08): Evolution temporelle de la DCO pour l'entrée et la sortie des stations d’Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Cette diminution est due à la décomposition d'une partie des déchets organiques végétaux, et cela est dû à la diminution des matières organique par oxydation chimique des molécules (oxydation continue dans l'eau) facilement suite à l'oxydation biologique et certains d'entre eux ont besoin d'une oxydation plus forte, c'est-à-dire la demande chimique en oxygène, car elle donne la demande chimique d'oxygène qui indique la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques et inorganiques oxydables par procédés chimiques [52].

Tableau(IV.07): Rendement d'épuration de la demande chimique en Oxygène dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	66.01	61.09	88.78	84.07
Rendement minimal (%)	64.41	32.57	94.45	95
Rendement moyen (%)	70.44	54.35	89.68	87.48

IV.2.8. Evolution temporelle de la DBO₅ :

D'après la figure (IV.09), on remarque que les valeurs moyennes de la DCO diminuent dans l'eau traitée à travers les différents bassins par rapport aux eaux usées non épurées.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de la DBO₅ dans la station d'Ouargla 150.69 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 205 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale 90 (mg/L) au mois de Novembre , la valeur moyenne de la DBO₅ dans la station de Ghardaïa, 123 (mg/L); la valeur maximale 262.50 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale 68 (mg/L) au mois de Janvier . La valeur moyenne de la DBO₅ de la station de Touggourt e135.83 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale 200 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale 90 (mg/L) au mois d'Août , enfin la valeur moyenne de la DBO₅ de la station de Témacine 97.72 (mg/L) ; la valeur maximale 160 (mg/L) au mois de Avril et la valeur minimale 30 (mg/L) au mois de Octobre. **Donc quant aux stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine, elles sont hors les normes des rejets d'effluent liquides industriels, selon le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006.**

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de la DBO₅ dans la station d'Ouargla est de 40.30 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 66.67 (mg/L) au mois de Janvier et la valeur minimale 18.33 (mg/L) au mois de Novembre, la valeur moyenne de la DBO₅ dans la station de Ghardaïa, 46(mg/L); la valeur maximale 78.50 (mg/L) au mois de Novembre et la valeur minimale 23 (mg/L) au mois de Juin. La valeur moyenne de la DBO₅ de la station de Touggourt 11.91 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale 21 (mg/L) au mois de Juillet et la valeur minimale 01 (mg/L) au mois de Octobre , enfin la valeur moyenne

de la DBO₅ de la station de Témacine 18.77 (mg/L) ; la valeur maximale 56 (mg/L) au mois de Septembre et la valeur minimale 06 (mg/L) au mois de Octobre. **Donc quant aux stations d'Ouargla et Ghardaïa sont à peu près dans les normes des eaux épurées destinées à l'irrigation, et la station de Touggourt et Témacine elles sont dans les normes, selon l'arrêté interministériel du 02 Janvier 2012.**

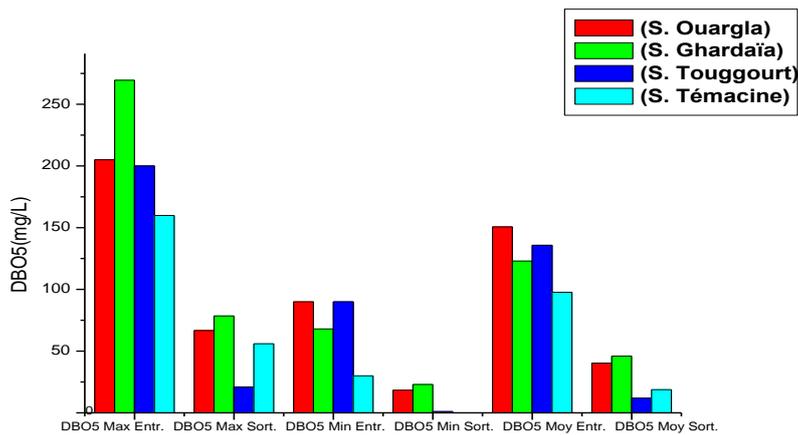


Figure (IV.09): Evolution temporelle de la DBO₅ pour l'entrée et la sortie des stations de Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Cela explique l'augmentation de la demande biochimique en oxygène de DBO₅, surtout en période sèche car la station les eaux usées brutes reçoivent des matières riches en matières biodégradables et en nutriments provenant de centres de population civilisés, cela est dû à une augmentation significative de la pollution organique des eaux de surface dans une zone limitée. DBO₅ en période sèche s'explique par la création des conditions de décomposition de la matière organique par des micro-organismes dont l'activité augmente avec une faible vitesse d'écoulement et une température d'eau élevée. Mais en hiver, la pluie contribue à réduire la pollution organique émanant des eaux usées. [52].

Tableau(IV.08): Rendement d'épuration de la demande biochimique en 'Oxygène dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	67.46	70.09	89.5	65
Rendement minimal (%)	79.63	66.17	98.8	80
Rendement moyen (%)	73.25	62.60	91.23	80.79

IV.2.9. Evolution temporelle de $N_{NO_2^-}$:

D'après la figure (IV.10), on remarque que la concentration moyenne de nitrite dans l'eau usée est supérieure à l'eau traitée.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de la NO_2^- dans la station d'Ouargla est de 0.21 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 0.9 (mg/L) au mois de Octobre et la valeur minimale 0.02 (mg/L) au mois de Avril, la valeur moyenne de la NO_2^- dans la station de Ghardaïa, 0.11 (mg/L); la valeur maximale 0.42 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 0.01 (mg/L) au mois d'Mai . La valeur moyenne de la NO_2^- de la station de Touggourt 0.09 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale est de 0.141 (mg/L) au mois de Mars et la valeur minimale 0.032 (mg/L) au mois de Juillet , enfin la valeur moyenne de la NO_2^- de la station de Témacine 0.05 (mg/L) ; la valeur maximale est de 0.152 (mg/L) au mois de Juillet et la valeur minimale est de 0.00 (mg/L) au mois de Février.

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de la NO_2^- dans la station d'Ouargla 0.14(mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 0.50(mg/L) au mois de Décembre et la valeur minimale 0.04 (mg/L) au mois de Novembre , la valeur moyenne de la NO_2^- dans la station de Ghardaïa, 0.19 (mg/L); la valeur maximale 0.70 (mg/L) au mois d'Mai, et la valeur minimale 0.02 (mg/L) au mois de Juillet. La valeur moyenne de la NO_2^- de la station de Touggourt 0.050 (mg/L), elle varie entre la valeur maximale 0.095 (mg/L) au mois de Janvier et la valeur minimale 0.014 (mg/L) au mois de Juillet, enfin la valeur moyenne de la NO_2^- de la station de Témacine 0.05 (mg/L) ; la valeur maximale 0.320 (mg/L) au mois de Décembre et la valeur minimale est de 0.00 (mg/L) au mois de Février.

Donc la concentration de NO_2^- dans les stations d'Ouargla et Ghardaïa est de qualité

acceptable, la concentration de NO_2^- dans les stations de Touggourt et Témacine est bonne qualité, selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé (OMS) 1971.

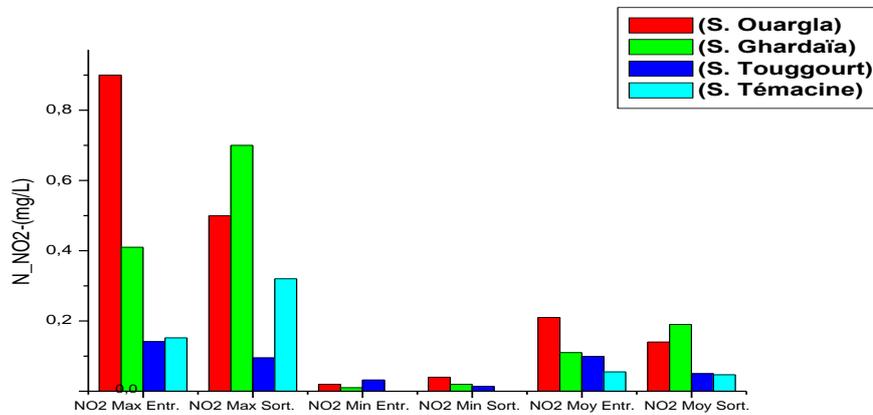


Figure (IV.10): Evolution temporelle de la N_NO_2^- pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Il y a un excès d'eau traitée, car il n'y a pas d'abondance d'oxygène pour convertir tous les nitrites en nitrates (nitrification). Les nitrates proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniac ou la nitrification n'est pas terminée, ou le nitrate est restitué. Chaque fois qu'il y a un manque d'oxygène, la pollution organique augmente [52].

Tableau(IV.09): Rendement d'épuration de Nitrites dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	44.4	/	32.62	65
Rendement minimal (%)	/	/	56.25	/
Rendement moyen (%)	33.3	/	49.4	14.5

IV.2.10. Evolution temporelle de $N_{NO_3^-}$:

D'après la figure (IV.11), on note que la concentration moyenne de nitrates dans l'eau usée des stations d'Ouargla et Ghardaïa est supérieure à celle de l'eau traitée, et nulle dans les stations de Touggourt et Témacine.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de NO_3^- dans la station d'Ouargla est de 0.53 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 1.27 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale 0.182 (mg/L) au mois de d'Mai, la valeur moyenne de la NO_3^- dans la station de Ghardaïa, est de 0.49 (mg/L); la valeur maximale est de 0.82 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale est de 0.19 (mg/L) au mois de Février.

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de NO_3^- dans la station d'Ouargla est de 0.39 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 1.98 (mg/L) au mois de Juin et la valeur minimale 0.02 (mg/L) au mois de Février, la valeur moyenne de la NO_3^- dans la station de Ghardaïa, est de 0.44 (mg/L); la valeur maximale est de 0.74 (mg/L) au mois de Mars et la valeur minimale est de 0.25 (mg/L) au mois de Juin. **Donc la concentration de NO_3^- dans les stations d'Ouargla, Ghardaïa est de très bonne qualité, selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé (OMS)1971.**

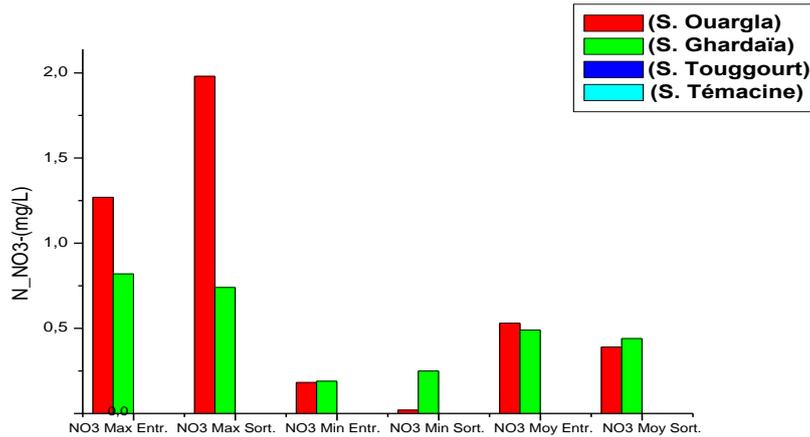


Figure (IV.11): Evolution temporelle de la N₂O₃⁻ pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Nous expliquons la diminution de l'eau traitée à la suite de la conversion de l'ammonium en nitrate, principalement due à la nitrification il est principalement réduit par la nitrification pour améliorer les conditions anaérobies qui peuvent être partiellement en raison de l'augmentation de l'évaporation due à l'augmentation de la température[55].

Tableau(IV.10): Rendement d'épuration de Nitrates dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	/	9.75	/	/
Rendement minimal (%)	89.01	/	/	/
Rendement moyen (%)	26.41	10.20	/	/

IV.2.11. Evolution temporelle de PO₄⁻³ :

D'après la figure (IV.12), on note la concentration moyenne de Ortho-phosphate dans l'eau usées des stations de Ouargla et Ghardaïa est supérieure à celle de l'eau traitée, et nulle dans la station de Touggourt et de Témacine.

* Dans le cas des eaux usées entrantes, la valeur moyenne de PO_4^{-3} dans la station d'Ouargla 3.29 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 5.04 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 0.328 (mg/L) au mois de Septembre, la valeur moyenne de PO_4^{-3} dans la station de Ghardaïa, e 1.84 (mg/L); la valeur maximale 3.04 (mg/L) au mois de Octobre et la valeur minimale est de 0.91 (mg/L) au mois de Mars .

* Dans le cas des eaux usées traitées, la valeur moyenne de PO_4^{-3} dans la station d'Ouargla est de 2.44 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 3.73 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 0.70 (mg/L) au mois de Novembre, la valeur moyenne de PO_4^{-3} dans la station de Ghardaïa, est de 0.95 (mg/L); la valeur maximale est de 1.66 (mg/L) au mois de Septembre et la valeur minimale est de 0.24 (mg/L) au mois de Novembre. **Donc la concentration de PO_4^{-3} dans la station de Ouargla est de mauvaise qualité, la concentration de PO_4^{-3} dans la station de Ghardaïa est qualité acceptable, selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé(OMS)1971.**

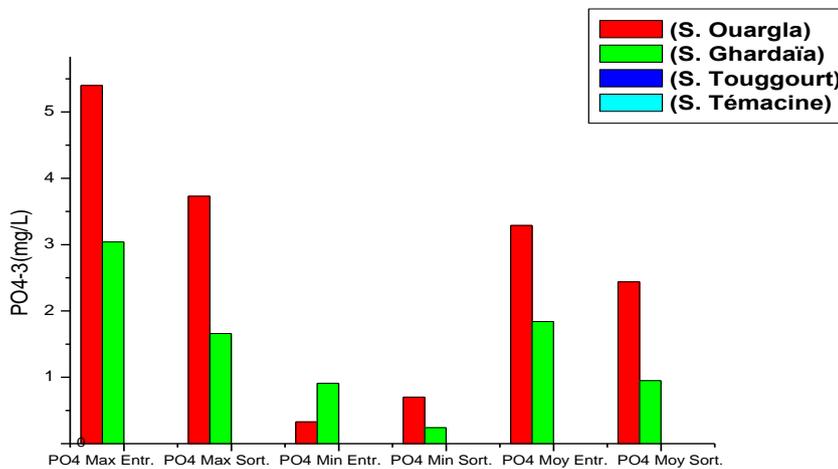


Figure (IV.12): Evolution temporelle de PO_4^{-3} pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La teneur moyenne de l'eau brute est supérieure à celle de l'eau traitée en raison de l'activité des micro-organismes impliquées dans la transformation des organophosphorés en polyphosphates et ortho-phosphates. La PO_4^{-3} moyenne est plus faible en hiver qu'en été en

raison de la température et de l'accélération de la biodégradation polyphosphates par des micro-organismes [52].

Tableau(IV.11): Rendement d'épuration de l'Ortho-phosphates dans chaque STEP

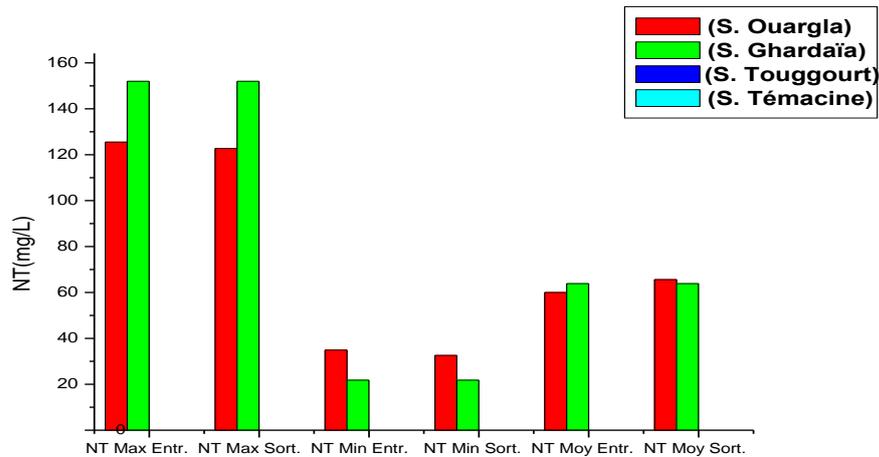
Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	25.99	45.39	/	/
Rendement minimal (%)	/	73.62	/	/
Rendement moyen (%)	25.83	48.36	/	/

IV.2.12. Evolution temporelle de NT :

D'après la figure (IV.13), en général, la concentration de NT est constante à la station de Ghardaïa et fluctuante à la station d'Ouargla, et nulle dans les stations de Touggourt et Témacine.

* **Dans le cas des eaux usées entrantes**, la valeur moyenne de NT dans la station d'Ouargla est de 60 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 125.5 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 34.90 (mg/L) au mois de Septembre.

* **Dans le cas des eaux usées traitées**, la valeur moyenne de NT dans la station d'Ouargla 65.61 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 122.85 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 32.60 (mg/L) au mois de Septembre. **Donc** la concentration de NT dans les stations d'Ouargla, Ghardaïa est mauvaise qualité, selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé (OMS)1971.



Figure(IV.13): Evolution temporelle de NT pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla , Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

La concentration de NT en hiver est plus élevée qu'en été et au printemps, ce qui signifie que l'azote ne peut pas être éliminé l'ammoniac peut en oxyder une partie en nitrates, mais ceci n'est pas considéré comme un défaut si l'eau traitée est utilisée dans irrigation. Comme cet azote agit comme un engrais, il est dans ce cas utile d'améliorer la connaissance du bilan azoté [52].

Tableau(IV.12): Rendement d'épuration de l'azote total dans chaque STEP

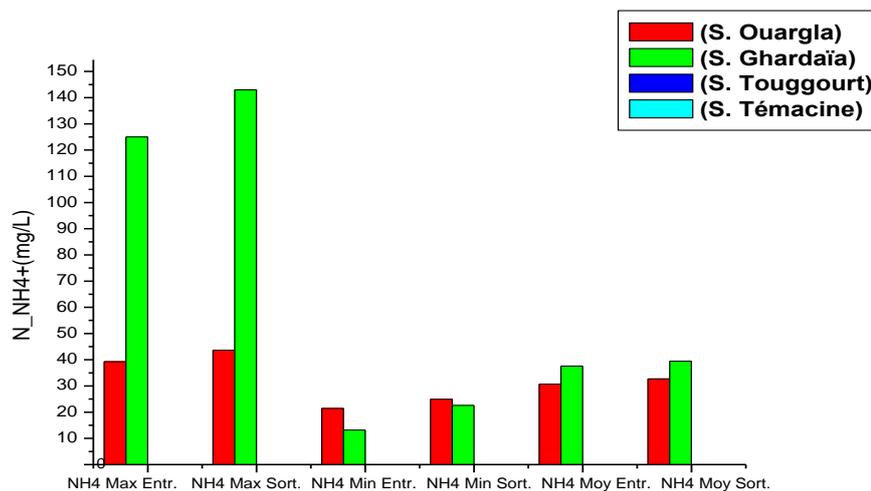
Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement maximal (%)	2.11	0	/	/
Rendement minimal (%)	6.59	0	/	/
Rendement moyen (%)	/	0	/	/

IV.2.13. Evolution de temporelle $N_{NH_4^+}$:

D'après la figure (IV.14), en général, la concentration d'ammonium dans l'eau traitée est supérieure à celle de l'eau usée dans les stations d'Ouargla et Ghardaïa, et nulle dans les stations Touggourt et Témacine.

* Dans le cas des eaux usées entrantes, la valeur moyenne de NH_4^+ dans la station d'Ouargla est de 30.68 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 39.28 (mg/L) au mois d'Avril et la valeur minimale 21.4 (mg/L) au mois de Février, la valeur moyenne de NH_4^+ dans la station de Ghardaïa, est de 37.6 (mg/L); la valeur maximale est de 125(mg/L) au mois de Février et la valeur minimale est de 13.20 (mg/L) au mois de Décembre .

Dans le cas des eaux usées traitées, la valeur moyenne de NH_4^+ dans la station d'Ouargla est de 32.7 (mg/L), elle oscille entre la valeur maximale 43.60 (mg/L) au mois de Mars et la valeur minimale 24.92 (mg/L) au mois de Juillet, la valeur moyenne de NH_4^+ dans la station de Ghardaïa, 39.44 (mg/L); la valeur maximale 143 (mg/L) au mois de Février et la valeur minimale 22.6 (mg/L) au mois d'Mai. **Donc la concentration de NH_4^+ dans les stations d'Ouargla, Ghardaïa est de mauvaise qualité ,selon les normes d'assainissement de l'organisation mondiale de la santé(OMS)1971.**



Figure(IV.14): Evolution temporelle de NH_4^+ pour l'entrée et la sortie des stations d'Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine

Explication:

Expliquez la diminution en termes de consommation d'azote de la biomasse phytoplanktonique et voyez la raison en est due aux facteurs qui influent sur la croissance des bactéries nitrifiantes (teneur en substrat, température, oxygène dissous et pH), où les résultats ont montré une augmentation de la température avec une diminution de l'ammoniac et dans le même temps, une augmentation du pH et de l'oxygène dissous était associée à une diminution de l'ammoniac [52].

Tableau(IV.13): Rendement d'épuration de l'ammonium dans chaque STEP

Rendement d'épuration (%)	STEP Ouargla	STEP Ghardaïa	STEP Touggourt	STEP Témacine
Rendement Maximal (%)	2.11	0	/	/
Rendement Minimal (%)	6.59	0	/	/
Rendement Moyen (%)	/	0	/	/

***Conclusion
générale***

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est de comparer l'efficacité épuratoire des eaux usées dans quatre (04) stations d'épuration (STEP) qui fonctionnent de manière différente : la station d'épuration d'Ouargla (lagunage aéré), la station d'épuration de Ghardaïa (lagunage naturel), la station d'épuration de Touggourt (boue activée) et la station d'épuration de Témacine (phyto-épuration). C'est lors de ce traitement que réduire l'essentiel des paramètres de pollution tels que : Les matières en suspension (**MES**), la demande chimique en oxygène (**DCO**), la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (**DBO₅**), le Potentiel d'hydrogène (**pH**), les nitrites (**NO₂⁻**), les nitrates (**NO₃⁻**), les phosphates (**PO₄⁻³**), ...etc.

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants pour l'élimination de MES, de DCO et de DBO₅ qui sont à la sortie de la station en accord avec les normes algériennes de rejet pour la station boues activées et la station phyto-épuration .

Pour les phosphates et les nitrates nous avons remarqué une diminution remarquable de ces deux paramètres des eaux à la sortie des deux stations mais les chiffres restent supérieurs aux normes de rejet l'OMS.

La station de lagunage aéré d'Ouargla et la station de lagunage naturel de Ghardaïa présentes des rendements moyens pour l'élimination de MES, de DCO et de DBO₅ et les rendements faibles pour l'élimination des NO⁻³ et PO₄⁻³ ; les concentrations résiduelles restent très élevées dans l'effluent traité.

On peut conclure

- L'inefficacité du lagunage aéré car il existe de grande quantité des algues.
- Le traitement des eaux usées par la phyto-épuration et boues activées est plus efficace pour l'élimination des matières organiques.

A partir de cette étude nous recommandons :

- L'augmentation du nombre de bassins en organisant l'installation des plantes selon leur degré de tolérance aux polluants pour la station phyto-épuration.
- L'ajout d'un traitement physique-chimique (traitement primaire) pour la station lagunage aéré.

***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

- [01] Tamara Garcia-Armisen, 2006, Etude de la dynamique des Escherichia coli dans les rivières du bassin de la seine, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles Belgique, p15.
- [02] Bassompierre Cindy, 2007, procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles, thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble France, p25, 42.
- [03] Bachi Oum El-Kheir, 2010, Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de Témacine, Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [04] Harzallah Besma, 2011, Etude de la biodégradation du 2,5-diméthylphénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad, Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 102p.
- [05] Ladjel F., 2006, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement CFMA Boumerdès, p80.
- [06] Mizi A., 2006, Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles, Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba.
- [07] Bouhada M. et Zentar S., 2006, Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimique des eaux usées industrielles et leurs impacts sur la nappe phréatique d'Oued M'zab. Mémoire d'Ingéniorat, Université Kasdi Merbah Ouargla, p70.
- [08]: Chaouch Noura, 2014, Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées, Université Hadj Lakhdar Batna.
- [09]: Mekhalif Faiza, 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Université du 20 Août 1955 Skikda.
- [10] Ben Meriem Zineb et Hafiane Nabila et Khoule Sabrina, 2013, Épuration des eaux usées de la région Touggourt "Ksar Témacine" par phyto-épuration, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [11] Rahmani Abdellatif, 2015, Epuration des eaux usées de la région de N'goussa (Ouargla) par des végétaux : Performances épuratoires, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [12] Boutelli M., Menasia S., 2008, Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mémoire d'Ingéniorat, Université Kasdi Merbah Ouargla. 132p

- [13] Traité l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210
- [14] Aissaoui Azzedine, 2013, Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles, Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- [15] Dubakeur A., 1990, L'eau problème de santé publique, Technique et Sciences, Paris, p14-16.
- [16] Thomas O, 1955. Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, Paris, p 135.
- [17] Salghi R., Cours : différents filières de traitement des eaux, Ecole Nationale des sciences Appliquées d'Agadir (<http://www.ensa-agadir.ac.ma/gpee/download/Pollution%20GPEE%205.pdf>).
- [18] Hammadi Belkacem, 2006, Phyto-épuration des eaux usées des la région de Témacine : Evaluation et conditions optimales. Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [19] Boutoux J, 1993, Introduction à l'étude des eaux douce (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Qualité et santé. 2^{ème} édition, CEBEDOC, Paris, 160-165p.
- [20] Ballah Samira, 2010, Traitement des eaux usées des résidences isolées cas de Hassi Messaoud, Mémoire d'ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [21] Dali H., Zouaoui K., 2007, Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. Mémoire d'ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [22] Couillard D., Sources et caractéristiques des eaux uses issues des différents procédés de l'industrie des pâtes et papiers. *Science of the Total Environnement*, 1979, 12(2), 169 - 197.
- [23] Klomfas G. et al., Fouling phenomena in unit and hybrid processes for potable water treatment. *Desalination*, 2004, 163, 311 – 322.
- [24] Li X. Z. et al., Advanced treatment of dyeing Waste water for reuse, *Water Science and Technology*, 1999, 39, 249 - 255.
- [25] Mechati F., 2006. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de Skikda. Mémoire de magister.
- [26] Degremont, 1992, Le Mémento Technique de l'Eau", Editions Lavoisier, Paris, p 60.
- [27] Marcel Doré, 1989. Chimie des oxydants et traitement des eaux, Editions Lavoisier, Paris, p 60 - 61.
- [28] Faby J. A., Brissaud F., 1997, L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Office internationale de l'eau. 76p.

- [31] Baudot B. et Perera P. 1991. Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p
- [32] Baouia A., Habbaz, D., 2006, La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux usées de la ville d'Ouargla et caractérisation des eaux de Chott de Ain El Baida, Mémoire d'Ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [33] Bechac J., Boutin P., Mercier B., 1983, Traitement des eaux usées. 2^{ème} Edition.
- [34] Hakima El Haité, 2010, Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des mines Saint Etienne-France.
- [35] Ourtelli S., Brahimi S., 2013, Contribution a l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G.B) la belle après ensemencement, Mémoire de master, Université Abdrrahmane Mira Bejaia.
- [36] Pony A., 2009, Estimation de performances épuratoires : caractérisation de boues de stations d'épuration, Mémoire de master ; Université Pierre et Marie Curie Paris-France.
- [37] Vymazal J. et Kropfelova L., 2008. Waste water Treatment in constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, Springer Science & Business Media, 566 p.
- [38] Donnier Brigitte, La pollution chimique en méditerrané, Laboratoire. C.E.R.B.O.M. Nice France
- [39] Djeddi Hamsa, 2006, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine.
- [40] Khacheba Rafika, Hartani Tarik, Etude de l'application d'un traitement tertiaire complémentaire sur les eaux usées épurées de lagunage aéré d'Ouargla en vue de réutilisation agricole en milieu aride. *SAGREN*, 2017, 01(1), 88 – 94.
- [41] Idder Tahar et al., 2011, Etude de deux systèmes de traitement d'eaux usées urbaines par lagunage. Cas de la station pilote de l'université de Niamey (Niger) et de la station lagunage aéré de l'oasis d'Ouargla, 1^{er} Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection article, 83 – 89.
- [42] Fiche technique de la station d'épuration d'Ouargla, Office National d'Assainissement.
- [43] Labadi Khadija et Moukar Meriem, 2010, Etude des performances de la station de traitement des eaux usées urbaines par lagunage de la ville de Ouargla, Mémoire d'Ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [44] Qasim S. R., 1999, Wastewater treatment plants: planning, design and operation, Technomic Pub. Co., Pennsylvania USA.

- [45] Chachoua Mounira et Seddini Abdelali, Etude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie, *Afrique Science*, 2013, 09(3), 113-121.
- [46] Jedicke A., Furch B., Saint P. U. et Schlueter U. B., Increase in the oxygen concentration in Amazon waters resulting from the root exudation of two notorious water plants, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) and *Pistia stratiotes* (Araceae). *Amazoniana*, 1989, 11(1), 53-70
- [47] Kone D., 2002, Epuration des usées par lagunage a microphytes et à Macrophytes en Afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement. Thèse de Doctorat, Université de Lausanne Suisse.
- [48] Miloudi A, 2009. Inventaire des espèces Macrophytes épuratrice dans la cuvette d'Ouargla, Mémoire d'Ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [49] Djellabi Anfal, 2015, Station d'épuration par les plantes "Vieux Ksar Témacine", Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [50] Bakiri Zahir, 2018, Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif.
- [51] Rodrigues, A.C., Boroski, M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N. Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2008, 194, 1-10.
- [52] Zobeidi A., 2018, Épuration des eaux usées par Lagunage aéré en zone aride- Cas de la région d'El-Oued. Paramètres influents et choix des conditions optimales, Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- [54] Amiri Kh., 2019 , Contribution a l'évaluation et traitement des eaux usées dans le sud de sahara Algerien, application au sud de la région d'Oued Righ (Touggourt), Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [55] Labeled B., Bebba A. A., Gherraf, N., Phytoremediation performance of urban wastewater by the plant *Juncus effusus* in an arid climate. *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*. 2014, 5(6), 95-103.

المراجع باللغة العربية

- [29] حسين الزعبي، 2014، استعمال مياه الصرف الصحي المستعملة في الزراعة، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سوريا، ص1.
- [30] بلال عبد الوهاب الرفاعي، 2014، معالجة التلوث، غرفة الصناعة، دمشق، ص 10.
- [53] محمد جواد صالح الحيدري، 2003، بعض التأثيرات البيئية لمياه الصرف الصناعي لشركة الفرات العامة للصناعة الكيماوية، مذكرة ماجستير، جامعة بابل-العراق، ص 3.

Annexes

Annexe 01 :

1. Echantillonnage et Les analyses physico-chimiques :

1.1. Échantillonnage :

En général le prélèvement de l'échantillon dans l'eau est un processus délicat qui doit être mené avec le plus grand soin car il détermine les résultats analytiques et l'interprétation qui sera effectuée, l'échantillon doit être homogène et obtenu sans modifier les propriétés physico-chimiques de l'eau (gaz soluté, matière en suspension, etc.).

Le prélèvement des échantillons se fait au fur et à mesure que les eaux usées entrent et sortent d'une station d'épuration. Le processus se fait manuellement à l'aide d'un conteneur petit, lavé deux fois ou plus avec l'échantillon d'eau, mis dans des bouteilles d'une capacité de 1 litre, puis transféré directement au laboratoire pour une procédure des analyses suivantes :

*Analyses quotidiennes : température, conductivité, pH, salinité, oxygène dissous.

* Analyses bimensuelles : DBO₅, DCO, MES .

*Analyses mensuelles : NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, NT, PO₄³⁻.

1.2. Les analyses physico-chimiques :

Dans toute les stations d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination de pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivant : T°, pH, CE, Salinité, DBO₅, DCO, O₂ dissous, MES, NO₂⁻, NO₃⁻ et PO₄³⁻, NT, NH₄⁺

1.2.1. Matières en suspension (M.E.S) :

***But d'analyse** : Détermination de la teneur de matières en suspensions d'une eau usée.

***Principe** : L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

* **Expression des résultats** : On calcule de la teneur en MES selon l'expression :

$$\text{MES} = 1000(\text{M}_1 - \text{M}_0) / \text{V} \dots\dots\dots (*)$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M₁ : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M₀ : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).



Figure (01) : Pompe à vide



Figure (02) : Matière en suspension

1.2.2. La demande chimique en oxygène (D.C.O) :

* **But d'analyse :** La mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO_5 .

* **Principe :** Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

***Réactifs :**

- ▶ Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- ▶ Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations.

***Expression des résultats :**

La teneur en DCO est donnée en mg/l.



Figure (03):
Réactifs DCO



Figure (04):
spectrophotomètre



Figure (05):
Réacteur DCO

1.2.3.La demande biochimique en oxygène pendant 05 jours (DBO₅) :

***Principe :** 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 micro-organismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés 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.

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



Figure (06) :DBO-mètre

1.2.4. Détermination de conductivité électrique, salinité et la température :

***Principe :** La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du **Conductimètre de poche Cond 340 i**

*** Appareillage :**

- ▶ Conductimètre de poche Cond 340 i
- ▶ Pissette d'eau déminéralisée.
- ▶ Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.



Figure (07): Conductimètre

1.2.5. Détermination de pH :

*** But d'analyse :**

Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

Pour sa mesure est effectuée à l'aide du pH-mètre de poche.



Figure (08): pH-mètre

1.2.6.Détermination de l'oxygène dissous :

* **Principe** : La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple par les algues. Actuellement la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différents normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du l'oxymètre de poche Oxi340i



Figure (09) : Oxymètre

Tableau 01: Résultats globaux des analyses physico-chimiques de la station d'Ouargla durant l'année 2019

Mois		Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	Entrante	20.75	19.36	22.22	24.5	28.6	30.35	33.10	31.82	30.08	28.54	23.27	21.63
	Sortante	17.79	15.68	18.57	21.55	25.38	28.76	31.70	28.84	25.96	23.62	18.19	15.52
Conductivité (mS/cm)	Entrante	23.63	37.17	38.83	49.78	15.64	40.86	27.20	20.95	15.01	16.89	41.80	11.93
	Sortante	22.30	28.63	36.95	45.28	15.28	43.28	37.20	16.21	15.20	15.28	34.88	13.07
Salinité (mg/L)	Entrante	10236.5	25765	24828.5	34013.6	9211	24155	16900	13031.8	9414.2	10136.3	23.86	7500
	Sortante	13309	25685	23166.6	30818.1	8985.7	27980	237	9622.7	8960	8968.1	21.74	7810
pH	Entrant	7.31	7.26	7.29	7.43	7.70	7.30	7.30	7.31	7.45	7.52	7.51	7.28
	Sortant	7.26	7.32	7.39	7.48	7.97	8.02	7.78	7.99	7.66	7.64	7.85	7.48
O ₂ dissous (mg/L)	Entrant	0.75	0.88	1.88	0.96	0.70	0.36	0.47	0.26	0.90	0.59	1.01	1.90
	Sortant	1.79	1.35	1.31	0.83	1.99	1.83	1.02	1.00	1.90	1.39	6.02	2.83
	Rendement %	58.10	34.81	30.31	13.54	64.82	80.32	53.92	38	52.63	50.77	83.22	32.86
N-NO ₂ (mg/L)	Entrant	0.25	0.25	0.12	0.02	0.11	0.09	0.15	0.06	0.13	0.90	0.23	0.16
	Sortant	0.08	0.06	0.06	0.11	0.05	0.07	0.19	0.05	0.09	0.42	0.04	0.50
	Rendement %	80	76	50	/	54.5	22.2	/	16.6	30.76	53.33	82.6	/
N-NO ₃ (mg/L)	Entrant	0.90	0.77	0.19	0.46	0.18	1.27	0.70	0.21	0.59	0.20	0.66	0.25
	Sortant	0.27	0.02	0.52	0.06	0.15	1.98	0.32	0.12	0.42	0.04	0.37	0.47
	Rendement %	70	97.4	/	86.9	16.66	/	54.28	42.8	55.7	80	43.9	/
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Entrant	3.92	4.06	3.00	5.04	3.28	3.62	3.54	2.20	0.33	1.62	4.48	4.46
	Sortant	2.92	2.33	3.13	3.73	2.16	3.63	1.11	2.14	2.76	1.41	0.70	3.30
	Rendement %	25.5	42.61	/	25.99	34.1	/	68.6	2.72	/	12.9	84.37	26
MES (mg/L)	Entrante	263	281	154	216	157	154	161	112.5	109	91	82	117.67
	Sortante	61	165	67.50	133.5	78.67	130.50	94	65.67	69	67.67	28	67
	Rendement %	76.8	41.2	56.1	38.1	49.8	15.24	41.6	41.6	36.6	25.63	65.85	43.06
DCO (mg/L)	Entrante	450	561	531	304	314.3	353.2	387.5	359	324	262.93	460	307.33
	Sortante	106	120.10	97.5	93.5	137.8	109.4	190.15	102.87	109.07	100.73	102	94.40
	Rendement %	76.4	78.5	81.6	69.2	56.15	69.02	50.92	71.34	68.25	61.6	77.8	69.2
DBO ₅ (mg/L)	Entrante	143.3	200	200	100	126.67	205	140	160	153.3	195	90	95
	Sortante	66.67	30	48	40	35	45	40	58.67	44	28	18.33	30
	Rendement %	53.47	85	76	60	72.36	78.04	71.4	63.33	71.2	85.64	79.6	68.4
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	Entrant	34.4	21.4	31.27	39.28	25.4	29.20	31.75	24.2	30.40	30.36	36.80	33.40
	Sortant	35.8	30.51	43.6	42.3	29.6	27.8	24.92	25.20	29.8	29.8	35.4	38.20
	Rendement %	/	/	/	/	/	4.7	21.5	/	1.97	1.84	3.80	/
NT (mg/L)	Entrant	60.6	48.8	52.2	125.5	35.40	52.6	52.6	48.60	34.90	96.40	48.20	67.20
	Sortant	56.8	51.3	71.2	122.85	91.6	65.2	65.2	42.8	32.6	60	41.8	86
	Rendement %	6.27	/	/	2.11	/	/	/	11.93	6.5	37.75	13.27	/

Tableau 02 : Résultats globaux des analyses physico-chimiques de la station durant l'année Ghardaïa en 2019

Mois		Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	Entrante	14.87	15.71	17.79	20.66	25.8	27.9	29.83	29.33	28.39	26.76	19.73	16.68
	Sortante	14.32	15.86	17.79	20.24	24.72	27.36	28.83	29.11	28.25	26.62	19.86	15.72
Conductivité (mS/cm)	Entrante	3.28	3.16	3.36	3.26	3.62	3.95	3.92	3.94	3.87	3.8	3.51	3.26
	Sortante	3.14	3.02	3.29	3.13	3.74	4.15	3.99	3.81	3.78	3.63	3.37	3.14
Salinité (mg/L)	Entrante	2.14	2.16	2.10	1.93	2.0	2.02	2.01	2.0	2.0	2.0	2.07	2.01
	Sortante	1.92	1.98	2.0	1.93	2.0	1.93	2.01	2.0	1.99	1.98	1.99	1.91
pH	Entrante	8.3	7.79	7.88	7.98	7.95	7.79	7.99	7.87	7.88	7.98	7.88	7.77
	Sortante	8.4	8.5	8.44	8.36	8.25	8.23	8.23	8.14	8.21	8.23	8.18	8.09
O ₂ dissous (mg/L)	Entrant	1.68	1.59	1.32	1.06	0.53	0.22	0.3	0.23	0.69	0.15	0.09	0.09
	Sortant	1.71	1.65	1.34	1.06	0.67	0.41	0.36	0.24	0.71	0.16	0.1	0.1
	Rendement %	1.75	3.63	1.49	/	20.8	46.3	16.6	4.16	2.81	6.25	10	10
N-NO ₂ (mg/L)	Entrant	0.20	0.02	0.29	0.42	0.01	0.03	0.01	0.05	0.19	0.08	0.02	0.03
	Sortant	0.15	0.04	0.07	0.27	0.70	0.49	0.02	0.11	0.07	0.18	0.09	0.05
	Rendement %	25	/	75.86	35.71	/	/	/	/	63.15	/	/	/
N-NO ₃ (mg/L)	Entrant	0.29	0.19	0.68	0.82	0.69	0.48	0.59	0.57	0.53	0.44	0.25	0.41
	Sortant	0.36	0.40	0.74	0.49	0.33	0.25	0.46	0.64	0.42	0.43	0.38	0.33
	RE%	/	/	/	40.2	52.1	47.9	22.03	/	20.75	2.32	/	19.5
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Entrant	1.36	1.85	0.91	1.69	1.49	2.26	1.23	2.10	2.15	3.04	2.03	2.11
	Sortant	1.41	1.27	1.16	1.07	1.28	1.06	1.11	0.42	1.66	0.26	0.24	0.40
	Rendement %	/	31.3	/	36	14	53	9.75	80	22	91	88.1	81.04
MES (mg/L)	Entrante	79	171.5	59	241.75	149	68	167	63.67	54	69	80.5	68.5
	Sortante	40.75	52	77	65.75	99	72	82	64	61	79.5	80.5	89.5
	RE%	48.4	69.6	/	72.79	33.5	/	50.8	/	/	/	/	/
DCO (mg/L)	Entrante	79.2	184.5	155	307	192.5	329	257.5	229.5	149	147.5	139.5	175
	Sortante	53.4	78.9	65	116.5	113	60.45	116.5	128	61.55	83.1	87.8	100.3
	Rendement %	32.5	57.2	58.06	62.05	41.2	81.62	54.7	44.2	58.6	43.6	37.06	42.68
DBO ₅ (mg/L)	Entrante	68	107.5	121	151.7	129.5	262.5	90.5	83	142.3	100.5	107	114.6
	Sortante	63	49	52	37.7	28.5	23	31.5	40.5	28.4	32	66	60.33
	RE%	7.35	54.4	57.02	75.1	77.9	91.2	65.19	51.2	80.04	68.15	38.3	47.3
N-NH ₄ ⁺ mg/L	Entrant	34.5	125	41.4	22.9	24.5	25.3	54.6	32.3	28.5	24.3	25.5	13.20
	Sortant	39.5	143	37.9	25.9	22.6	24.5	30.10	35.5	30.30	34.7	30	28.10
	Rendement %	/	/	8.45	/	7.75	3.16	44.8	/	/	/	/	/
NT (mg/L)	Entrant	152	125	91.5	83.9	22.2	83	29.6	35.5	30	66.10	21.8	26
	Sortant	109	134	93.3	98.6	27.5	65.2	31.3	36.5	33.1	39.4	41.6	36.10
	Rendement %	28.2	/	/	/	/	21.4	/	/	/	40.39	/	/

Tableau 03: Résultats globaux des analyses physico-chimiques de la station durant l'année Touggourt en 2019

Mois Paramètres		Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température	Entrante	21.10	19.80	22.40	25.60	28.3	30.7	32.2	30.4	33.1	31.1	24.5	24.8
	Sortante	18.2	17.3	20.9	24.2	26.2	28.7	31	29.7	29.2	28.6	21.2	24.9
Conductivité (°C)	Entrante	5.45	5.20	5.60	5.75	5.72	5.85	5.78	6.07	5.42	5.46	6.22	5.56
	Sortante	5.36	5.05	4.27	5.81	5.83	5.95	5.84	5.91	5.33	5.36	5.53	5.56
Salinité (mg/L)	Entrante	2.9	2.8	3.0	3.1	3.1	3.2	3.1	3.3	2.9	2.9	3.3	3.0
	Sortante	2.9	2.7	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	2.9	2.9	3.2	3.0
pH	Entrant	7.33	7.43	7.25	7.29	7.06	7.48	7.57	7.35	7.37	7.10	7.32	7.33
	Sortant	7.30	7.43	7.29	7.34	7.28	7.45	7.67	7.38	7.55	7.33	7.39	7.32
O ₂ dissous (mg/L)	Entrant	0.94	0.52	0.77	0.16	0.14	0.15	0.19	0.09	0.25	0.36	0.14	0.22
	Sortant	2.77	4.79	4.23	4.03	5.28	4.64	4.49	2.55	4.14	4.66	4.46	2.11
	Rendement %	66.06	89.1	81.79	96.02	97.34	96.76	95.76	96.47	93.96	92.27	96.86	89.57
N-NO ₂ (mg/L)	Entrant	0.12	0.10	0.14	0.10	0.099	0.11	0.03	0.08	0.13	0.08	0.10	0.08
	Sortant	0.09	0.03	0.08	0.02	0.091	0.04	0.01	0.06	0.02	0.02	0.05	0.04
	Rendement %	25	70	42.85	80	8.08	63.6	66.6	25	84.6	75	50	50
N-NO ₃ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MES (mg/L)	Entrante	239	112.5	212.6	165.5	214	150	165	105	296	354	156	47
	Sortante	20	19	21	13.4	24	20	18	21	22	14	20	22
	Rendement %	91.63	83.11	90.12	91.90	88.87	86.66	89.09	80	92.56	96.04	87.17	53.19
DCO (mg/L)	Entrante	275	254	358	274	298	341	256	249	378	298	305	279
	Sortante	24.6	42.4	30	39	35.6	24.3	42.5	29.9	23.8	13.8	21.1	40.6
	Rendement %	91.05	83.30	91.62	85.76	88.05	92.87	83.39	87.99	93.70	95.36	93.08	85.44
DBO ₅ (mg/L)	Entrante	110	140	150	130	150	200	150	90	140	130	130	110
	Sortante	15	12	14	13	06	16	21	19	17	1.00	04	05
	Rendement %	86.36	91.42	90.66	90	96	92	86	78.8	87.8	99.2	96.9	95.45
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NT (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tableau 04 : Résultats globaux des analyses physico-chimiques de la station de Témacine durant l'année 2019

Mois Paramètres		Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	Entrante	16.9	22.2	20.7	32.7	23.6	22.9	30.5	33.4	29.3	29.7	23.6	20.5
	Sortante	16.9	20.5	20.6	30.4	23.8	22.7	30.2	33.1	28.6	27.2	20.5	20.2
Conductivité (mS/cm)	Entrante	3.10	3.32	3.07	3.12	3.08	3.24	3.17	3.26	3.23	3.26	3.13	3.21
	Sortante	3.37	3.70	3.54	3.39	3.62	3.78	3.95	3.9	4.3	3.64	3.41	3.4
Salinité (mg/L)	Entrante	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	3
	Sortante	1.8	2.0	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.3	1.9	1.8	3.8
pH	Entrant	7.13	6.8	6.9	7.28	7.39	7.10	7.50	6.82	7.11	7.24	7.03	7.17
	Sortant	7.0	6.91	6.81	7.00	7.28	7.00	7.04	6.55	6.46	6.79	6.77	6.87
O ₂ dissous (mg/L)	Entrant	0.76	0.62	0.14	0.45	0.59	0.11	0.99	0.12	0.62	0.76	0.63	0.24
	Sortant	1.12	2.15	1.36	1.35	1.14	1.22	1.59	1.52	1.03	2.74	2.2	3.44
	Rendement %	32.14	71.16	89.70	66.6	48.24	90.98	37.73	92.10	39.8	72.26	71.36	93.02
N-NO ₂ (mg/L)	Entrant	0.028	0.00	0.038	0.025	0.032	0.137	0.152	0.042	0.078	0.023	0.053	0.055
	Sortant	0.008	0.00	0.011	0.013	0.012	0.026	0.027	0.015	0.008	0.008	0.008	0.320
	Rendement %	71.24	/	71.05	48	62.5	81.02	82.23	64.28	89.74	65.21	84.90	41.81
N-NO ₃ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MES (mg/L)	Entrante	526	121.6	139	226	103.7	116.3	50	222.9	209	354	250	149
	Sortante	22	18.40	13.4	22	19	24	8.3	24	24	14	13	26
	Rendement %	95.8	84.8	90.35	90.26	81.67	79.36	83.4	89.23	88.51	96.04	94.8	82.55
DCO (mg/L)	Entrante	118	161	126	219	228	340	131	224	299	120	187	388
	Sortant	21.5	18.4	18.6	32	24.5	24	32.5	61.8	23.2	7.49	48	06
	RE%	81.77	88.57	85.23	85.38	89.25	92.94	75.19	72.41	92.24	93.75	74.33	98.45
DBO ₅ (mg/L)	Entrante	50	80	/	160	135	120	70	130	140	30	50	110
	Sortante	13	10	/	18	14.5	15	27	28	56	06	09	10
	Rendement %	91.33	87.5		88.75	89.25	87.5	61.42	82.30	60	80	82	90.9
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NT (mg/L)	Entrant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sortant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Annexe 03 :

Tableau 05 : Les normes pour les eaux usées rejetées selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) 1971

Paramètres	Bonne ou très bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise
O ₂ dissous mg/l	>5	≥3	≥1	<1
O ₂ dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO ₅ mg / l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg / l	≤25	≤40	80	>80
NO ₃ mg / l	≤25	≤50	80	>80
NH ₄ ⁺ mg / l	≤0.5	≤2	8	>8
NO ₂ ⁻ mg / l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg / l	≤2	≤3	10	>10
PO3-4 mg / l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg / l	≤70	-	>70	-
Phosphore total mg / l	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
Ph	≥6.5 et ≤ 8.5	-	<6.5 ou >8.5	-

Tableau 06 : Normes des rejets d'effluents liquides industriels : Décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006.

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	.	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

Tableau 07 : Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées:
Arrêté interministériel du 2 Janvier 2012.

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012		
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES						
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE			
Physiques	pH	—	6,5 ≤ pH ≤ 8,5			
	MES	mg/l	30			
	CE	ds/m	3			
	Infiltration le SAR = $\sigma \cdot 3 \text{ CE}$	3 - 6	ds/m	0.2		
		6 - 12		0.3		
12 - 20		0.5				
20 - 40		1.3				
Chimiques	DBO5	mg/l	30			
	DCO	mg/l	90			
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10			
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30			
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5			
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0			
	Arsenic	mg/l	2.0			
	Béryllium	mg/l	0.5			
	Bore	mg/l	2.0			
	Cadmium	mg/l	0.05			
	Chrome	mg/l	1.0			
	Cobalt	mg/l	5.0			
	Cuivre	mg/l	5.0			
	Cyanures	mg/l	0.5			
	Fluor	mg/l	15.0			
	Fer	mg/l	20.0			
	Phénols	mg/l	0.002			
	Plomb	mg/l	10.0			
	Lithium	mg/l	2.5			
	Manganèse	mg/l	10.0			
	Mercur	mg/l	0.01			
	Molybdène	mg/l	0.05			
	Nickel	mg/l	2.0			
	Sélénium	mg/l	0.02			
	Vanadium	mg/l	1.0			
Zinc	mg/l	10.0				

ملخص:

يرصد هذا العمل نجاعة معالجة مياه الصرف الحضري بواسطة أنظمة مختلفة : البحيرات المهواة (منطقة ورقلة)، البحيرات الطبيعية (منطقة غرداية)، الحماة النشطة (منطقة تقرت) والمعالجة بالنباتات (منطقة تماسين).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد تحليل مياه الصرف الصحي المعالجة أن المواد العالقة، الطلب الكيميائي للأوكسجين، الطلب البيوكيميائي للأوكسجين، النتريت والأوكسجين المنحل بالنسبة لمحطتي الحماة النشطة والمعالجة بالنباتات هي اقرب إلى المعايير مقارنة بنظام البحيرات الطبيعية والمهواة.

أعطت النتائج مردود إزالة المواد العالقة **96.04%** بالنسبة لمحطة الحماة النشطة، **96.04 %** بالنسبة لمحطة المعالجة بالنباتات، **76.8%** بالنسبة لنظام البحيرات المهواة و **72.79%** بالنسبة لنظام البحيرات الطبيعية.

بالنسبة لقيم **DCO**، **DBO₅** تتراوح ما بين **91.33%** و **98.45 %** في محطة المعالجة بالنباتات، وما بين **95.36%** و **99.2%** في محطة الحماة النشطة، وما بين **81.6%** و **85%** في نظام البحيرات المهواة وبين **81.62%** و **91.2%** في نظام البحيرات الطبيعية. بالنسبة للنتريت **NO₂⁻** والأوكسجين المنحل **O₂ dissous** تتراوح قيمتهما على التوالي **84.6 %** و **96.86%** بالنسبة لمحطة الحماة النشطة، **89.74%** و **90.98%** بالنسبة لمحطة المعالجة بالنباتات، و **82.6%** و **83.22%** بالنسبة لنظام البحيرات المهواة، و **75.86%** و **46.3%** بالنسبة لنظام البحيرات الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: التلوث، مياه الصرف الصحي، نظام البحيرات (الطبيعية والمهواة)، الحماة النشطة، المعالجة بالنباتات.

Résumé

Ce travail suit l'efficacité du traitement des eaux usées urbaines par différents systèmes d'épuration : lagunage aéré (Région d'Ouargla), lagunage naturel (Région de Ghardaïa), boue activée (Région de Touggourt) et la phyto-épuration (Région de Témacine).

Les résultats obtenus des eaux usées traitées ont montré que les matières en suspension, la demande chimique en oxygène, la demande biochimique en oxygène, les nitrites et l'oxygène dissous pour les stations de boue activée et par phyto-épuration sont plus proches des normes par rapport au système des lagunages naturels et aérés.

Les résultats ont donné un rendement d'élimination de MES de 96,04 % pour la station de boues activées, de 96,04 % pour la station de phyto-épuration, de 76,8 % pour le système de lagunage aéré et de 72,79 % pour le système de lagunage naturel.

Pour la DCO et la DBO₅, les valeurs varient entre 91,33 et 98,45 % dans la station de phyto-épuration, entre 95,36% et 99,2% et dans la station à boue activée, entre 81,6% 85% et pour le système de lagunage aéré et entre 81,62% et 91,2% pour le système de lagunage naturel. Pour les nitrites NO₂⁻ et l'oxygène dissous, leurs valeurs variaient respectivement de 84,6 % et 96,86 % pour la station à boue activée, 89,74 % et 90,98 % pour la station de phyto-épuration, 82,6 % et 83,22 % pour le système du lagunage aéré, 75,86 % et 46,3 % pour le système de lagunage naturel.

Mots clés : Pollution, eaux usées, système de lagunages (naturel et aéré), boues activées, phyto-épuration