



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR 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

Spécialité : Chimie Analytique

Présentée par : Mme Gherzouli Fouzia

-THEME-

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE DEUX TECHNIQUES
D'EPURATION
DES EAUX USEES (LAGUNAGE AERE ET FILTRE PLANTE
DE ROSEAUX) CAS DE LA REGION DE OUARGLA**

Soutenu le : 23/09/2020

Devant le jury composé de

MOUSTAPHA Ben Ali	MCB	U.K.M Ouargla	Président
BECHKI Mohammed Khaled	MCA	E.N.S Ouargla	Examineur
LABED Brahim	MCA	E.N.S Ouargla	Encadreur
CHAOUICHE Khaoula	MAA	U.K.M Ouargla	Co-encadreur

Année Universitaire : 2019 /2020

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu qui nous a accordé la patience, la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

A mon mari pour leur patience, d'être à mon côté tout le temps.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à :

Notre encadreur Mr Abed Brahim pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout au long de la réalisation de ce mémoire

Nous tenons également à remercier :

M^{me} Chaouche Khaoula notre Co-encadreur maître assistant classe A, pour son aide.

Tout le personnel de station d'épuration de Ouargla et en particulier

M^{er} Smail Mekhloufi (chef de STEP)

M^{me} Dali Halima (chef labo)

de station d'épuration de Touggourt et en particulier

M^{me} Hanifa Hita (chef labo)

De plus, je souhaite remercier Monsieur Saggai mohamed mounir Enseignant-chercheur (chef de spécialité gestion des agrosystèmes-université kasdi merbah-Ouargla). Merci pour vos suggestions et idées par rapport à mon travail, merci également pour le partage de votre savoir.

J'adresse tous mes remerciements à ma sœur M^{elle} moukkar meriem pour son aide précieuse et les bons moments partagés.

Un grand merci pour le président et les membres de jury pour avoir accepté de juger ce travail.

Nous remercions enfin toute la promotion de 2^{ème} année maître chimie analytique, ainsi que tous les enseignants, collègues, amis et toutes les personnes qui ont apporté leur contribution de près ou de loin pour que ce travail puisse voir le jour.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Diagramme représentant la répartition des consommations quotidiennes d'eau selon les usages domestiques.	5
Figure I. 2 : Les deux types de réseaux de collecte des eaux usées	7
Figure I. 3 : Sources ponctuelles et Diffuses de pollution des eaux usées.	10
Figure I. 4 : station d'épuration à boue activée.	23
Figure I. 5 : Configuration du procédé lit bactérien	25
Figure I. 6 : station d'épuration comportant d'un disque biologique	26
Figure I. 7 : Schéma de principe un disque biologique	26
Figure I. 8 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel	28
Figure I. 9 : Infiltration-percolation étanchée et drainée	30
Figure I. 10 : Domaine de capacité de différentes filières de traitement des eaux usées	31

Chapitre II

Figure II. 1: Traitement des eaux usées par lagunage naturel	36
Figure II. 2: Réactions de symbiose algues-bactéries dans le bassin facultatif	37
Figure II. 3: Système d'aération dans le lagunage aéré	38
Figure II. 4: Principe de fonctionnement des filtres à macrophyte	43
Figure II. 5 : Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal	45
Figure II. 6: Coupe transversale d'un filtre à écoulement vertical	45

Chapitre III

Figure III. 1: La carte géographique de Ouargla	57
Figure III. 2 : Température moyenne mensuelles à Ouargla(2019).....	58
Figure III. 3 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à Ouargla (2019).....	58
Figure III. 4: Humidité relative moyenne en pourcentage pour l'année 2019.....	59
Figure III. 5: La vitesse du vent enregistrée en m/s à Ouargla(2019)	60
Figure III. 6: moyennes de l'évaporation à Ouargla de l'année 2019	61
Figure III. 7: Le nombre d'heures d'insolation pour l'année 2019	61
Figure III. 8: Le réseau d'assainissement de la ville de Ouargla (ONA, 2009).....	62
Figure III. 9 : Situation de la station d'épuration de Ouargla	63
Figure III. 10: Schéma de la STEP de Saïd Otba.....	65

Figure III. 11: Itinéraire du canal de transfert.....	72
Figure III. 12: Situation géographique de la commune de N'GOUSSA.....	73
Figure III. 13 : plan d'implantation des équipements.....	76

Chapitre IV

Figure IV. 1:Variation spatio-temporelle du Debit moyen.....	99
Figure IV. 2 : Variation temporelle de la température(°C).....	100
Figure IV. 3 : Variation spatio-temporelle du pH.....	102
Figure IV. 4 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE).....	103
Figure IV. 5: Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous.....	105
Figure IV. 6: Variation spatio-temporelle de N-NH ₄ ⁺	107
Figure IV. 7: Processus de transformation de l'azote (<i>Agence de l'Eau Sein Normandie, 2008</i>)	108
Figure IV. 8: Variation spatio-temporelle des NO ₂ ⁻	109
Figure IV. 9: Variation spatio-temporelle des N-NO ₃ ⁻	111
Figure IV. 10: Variation Spatio-temporelle de Phosphore totale(mg/l).....	113
Figure IV. 11: Variation spatio-temporelle des matières en suspension (MES).....	115
Figure IV. 12: Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO).....	117
Figure IV. 13: Variation spatio-temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO5)	118
Figure IV. 14 : Taux d'abattement de la DCO (STEP1).....	122
Figure IV. 15 : Taux d'abattement des MES (STEP1).....	122
Figure IV. 16: Taux d'abattement de la DBO5 (STEP1).....	122
Figure IV. 17: Taux d'abattement de la DCO (STEP2).....	123
Figure IV. 18 : Taux d'abattement des MES (STEP2).....	123
Figure IV. 19 : Taux d'abattement de la DBO5 (STEP2).....	123

Liste des photos

Chapitre II

Photo II. 1: Aération par diffusion d'air	39
Photo II. 2: Différents types de mobiles d'aération/agitation	40
Photo II. 3 : <i>Phragmite australis</i> (roseau)	47
Photo II. 4: Illustration du rôle mécanique des végétaux sur les Lits de séchage de boues plantés de roseaux.	49

Chapitre III

Photo III. 1: Entrée des eaux usées à la station.....	66
Photo III. 2: Prétraitement	67
Photo III. 3 : Dégrilleur	68
Photo III. 4 : Dessableurs.....	68
Photo III. 5: Répartiteur vers les bassins d'aération.....	69
Photo III. 6 : Aérateurs	70
Photo III. 7: La sortie de l'eau traitée.	70
Photo III. 8: Lits de séchages	71
Photo III. 9 : Embouchure du canal (Point de rejet)	72
Photo III. 10 : Station d'épuration N'goussa	74
Photo III. 11: Station de pompage	77
Photo III. 12 :Chambre de répartition	78
Photo III. 13: Répartiteur	78
Photo III. 14: filtre planté de roseaux (STEP N'goussa)	79
Photo III. 15: Regard de rassemble l'eau traitée	79
Photo III. 16: <i>Phragmites australis</i> (STEP N'GOUSSA).....	80
Photo III. 17: pH-mètre.....	83
Photo III. 18 : Conductimètre	84
Photo III. 19 : Oxymètres	85
Photo III. 20: Unité de filtration avec pompe à vide	87
Photo III. 21 : Balance	87
Photo III. 22 : Etuve.....	87
Photo III. 23 : Appareils et réactifs pour mesure DCO	88
Photo III. 24 :Réfrigérateur, Bouteilles et OXI TOP	90

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1 : Classification des substrats polluant.....	Annexe 01
Tableau I. 2 : La signification de la biodégradabilité	16
Tableau I. 3 : Nombre des stations d'épurations par filière en Algérie (2020)	20
Tableau I. 4 : Procédés et techniques biologiques d'épuration.....	Annexe 01
Tableau I. 5 : Les avantages et inconvénients des boues activées.....	24
Tableau I. 6 : Avantages et inconvénients du procédé lit bactérien	25
Tableau I. 7 : Avantages et inconvénients des disques biologiques.	26
Tableau I. 8 :décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006	Annexe 02
Tableau I. 9 :Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie (Annexe2)	33
Tableau I. 10 :Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation	Annexe 02

Chapitre II

Tableau II. 1:Synthèse des performances des FPRv et FPRh.....	46
Tableau II. 2: Le rôle des différentes couches.....	48

Chapitre III

Tableau III. 1: Températures (Moy) mensuelles à Ouargla pour l'année 2019.....	57
Tableau III. 2: Précipitations moyenne mensuelle en (mm) à Ouargla pour l'année 2019	58
Tableau III. 3: Humidité relative moyenne en pourcentage pour l'année 2019	59
Tableau III. 4 : La vitesse du vent enregistrée en m/s pendant l'année 2019	60
Tableau III. 5: moyennes de l'évaporation à Ouargla de l'année 2019	61
Tableau III. 6: Le nombre d'heures d'insolation pour l'année 2019	61
Tableau III. 7: Données de base de la station (Saïd-Otba)	64
Tableau III. 8: Les principales caractéristiques des ouvrages d'épuration	75
Tableau III. 9 : Les couches des matériaux filtrants	76
Tableau III. 10: Les Paramètres d'analysés	82
Tableau III. 11 : Volume d'échantillon d'après le DCO	89

Chapitre IV

Tableau IV. 1: Coefficient de biodégradabilité des eaux usées brutes	95
--	----

Tableau IV. 2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes (EUB)	96
Tableau IV. 3: Normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971). [20].....	96
Tableau IV. 4: les normes de rejets des eaux usées urbaine	138
Tableau IV. 5: Les résultats globaux des analyses physico-chimique des eaux usées STEP Said otba	Annexe 03
Tableau IV. 6: Les résultats globaux des analyses physico-chimique des eaux usées STEP N'goussa.	Annexe 03
Tableau IV. 7: Variation du Débit moyen des eaux usées brutes et traitées dans le temps	Annexe 03
Tableau IV. 8: Variation de la Température moyenne des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 9 : Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 10 : Variation de la conductivité électrique des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 11 : Variation de L'oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 12 : Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps. ...	Annexe 03
Tableau IV. 13 : Variation de la (DBO5) des eaux brutes et traitées dans le temps. .	Annexe 03
Tableau IV. 14 ; Variation de MES des usés brutes et traitées dans le temps.	Annexe 03
Tableau IV.15 : Variation de N-NH ₄ ⁺ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 16: Variation de N-N02 des eaux usées brutes et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 17: Variation N-NO ₃ des eaux usées bruts et traitées dans le temps.....	Annexe 03
Tableau IV. 18: Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps.	125
Tableau IV. 19: Comparaison entre le rendement de dimensionnement et le rendement mesuré (Station said otba)	125
TableauIV. 20: Comparaison entre le rendement de dimensionnement et le rendement mesuré (Station N'goussa)	125
Tableau IV. 21: Rendements des deux stations (Said Otba-N'goussa)	125

Liste des abréviations

Abréviations	Signification
ONA	Office National de l'Assainissement
OMS	Organisation Mondiale de la santé
FAO	Food and Agricultural Organisation
O.N.M	Office National de Météorologie
EH	Equivalent Habitant
K	Degré de biodégradabilité de la matière organique
DBO5	Demande biochimique en oxygène au bout de 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
CE	Conductivité Electrique
Sal	Salinité
pH	Potentiel d'hydrogène
MES	Matières en suspension
PT	Phosphore total
STEP	Station d'épuration
FPRh	Filtre planté de roseaux à écoulement horizontal
FPRv	Filtre planté de roseaux à écoulement vertical
A.P.D	Avant projet détaillé
PR	Poste de refoulement

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Liste des figures	III
Liste des photos	V
Liste des tableaux.....	VI
Liste des abréviations.....	VIII
Sommaire	IX
Introduction generale	1

Chapitre I: Notions sur les eaux usées et leur épuration

I.1.Introduction	3
I.2.Définition des eaux usées	3
I.3.Origine des eaux usées	3
I.3.1.Les eaux usées domestiques	3
I.3.2.Les eaux usées industrielles	5
I.3.3.Les eaux usées urbaines	6
I.3.4.Les eaux usées pluviales	6
I.3.5.Les eaux de drainage.....	6
I.4.Le système de collecte des eaux usées	6
I.4.1.Assainissement collectif	6
I.4.2.Assainissement autonome.....	7
I.5.La pollution des eaux.....	8
I.5.1.Définition	8
I.5.2.Différent types de la pollution.	8
I.5.2.1 Pollution physique.....	8
I.5.2.2. Pollution chimique	8

I.5.2.3. Pollution microbiologique.....	9
I.5.3. Les Sources de pollution.....	9
I.5.3.1.La pollution ponctuelle	9
I.5.3.2.La pollution diffuse (non ponctuelle).....	9
I.5.4. Les substrats polluants	10
I.5.4.1.Matières décantables ou flottantes	10
I.5.4.2.Matières fines en suspension.....	10
I.5.4.3.Matières colloïdales	11
I.5.4.4.Matières solubles.....	11
I.5.4.5.Matières biodégradables.....	11
I.5.4.6.Matières organiques	12
I.5.4.7.Matières inorganiques	12
I.5.5.Les micro-organismes épurateurs	12
I.6.Les paramètres de mesure de la pollution	13
I.6.1. les paramètres physiques	13
I.6.1.1.La température	13
I.6.1.2.Le potentiel d'hydrogène (pH).....	13
I.6.1.3.La turbidité.....	14
I.6.1.4.Odeur.....	14
I.6.1.5.Couleur.....	14
I.6.1.6.Le débit.....	14
I.6.1.7.Les matières en suspension(MES)	14
I.6.1.8.La conductivité électrique(CE)	15
I.6.2.Caractéristiques chimiques des eaux usées.....	15
I.6.2.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	15
I.6.2.2.Demande biochimique en oxygène(DBO ₅).....	15
I.6.2.3. Indice de biodégradabilité	16

I.6.2.4. L'Azote ammoniacal	17
I.6.2.5. Les phosphates	17
I.6.3. Paramètres biologiques	17
I.7. Epuration des eaux usées	19
I.7.1. Définition de l'épuration	19
I.7.2. Station d'épuration	19
I.7.3. Les procédés d'épuration des eaux usées	20
I.7.3.1. Les procédés physiques (prétraitement)	20
I.7.3.2. les procédés physico-chimiques (Traitement primaire)	21
I.7.3.4. Les traitement tertiaires	30
I.8. Choix des procédés d'épuration	31
I.9. Normes de rejets	31
I.10. Conclusion	32

Chapitre II : Traitement des eaux usées par (Lagunage et filtre planté de roseaux)

II.1. Introduction	33
II.2. Traitement des eaux usées par lagunage	33
II.2.1. Définition et Principes de base	33
II.2.2. Classification des types de lagunages	34
II.2.2.1. Selon l'agent responsable de l'épuration	34
II.2.2.2. Selon l'apport d'aération	35
II.2.3. Les organismes vivants dans les bassins de lagunages et leur rôle dans l'épuration des eaux usées	40
II.2.3.1. La minéralisation par les bactéries	40
II.2.3.2. Les algues microscopiques (microphytes)	42
II.2.3.3. Les zooplanctons	42
II.3. Traitement des eaux usées par filtre planté de roseaux	43
II.3.1. Historique	43

II.3.2. Définition et principe de base	43
II.3.3. Filtres plantés de roseaux	44
II.3.3.1. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal	44
II.3.3.2. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical	45
II.3.4. Choix entre les deux filtres plantés de roseaux	45
II.3.5. La plante épuratrice utilisée	46
II.3.6. Rôle de différents composants de filtre	48
II.4. Les facteurs influençant le pouvoir épuratoire	50
II.4.1. Les facteurs climatiques	50
II.4.2. Les facteurs physiques	51
II.4.3. Les facteurs chimiques	52
II.5. Comparaison entre le lagunage aéré et le Filtre planté de roseaux	52
II.5.1. Temps de séjour	52
II.5.2. Superficie	52
III 5.3. Consommation d'énergie	53
II.6. La réutilisation des eaux usées épurées	53
II.6.1. Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie	53
II.6.2. Avantages de la réutilisation des eaux usées épurées	53
II.6.3. Risques liés à la réutilisation des eaux usées	53
II.7. Conclusion	55

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Introduction	56
III.2. Présentation de la région d'étude	56
III.2.1. La localisation géographique	56
III.2.2. Les données climatiques de la région d'Ouargla(2019)	57
III.2.2.1. La température	57
III.2.2.2. Précipitations	58

III.2.2.3.L'humidité relative	59
III.2.2.4.Vent	60
III.2.2.5.Evaporation.....	60
III.2.2.6. Insolation	61
III.2.3.La situation de l'assainissement.....	62
III.3.Station d'épuration (STEP Said-Otba)	62
III.3.1.L'objectif de traitement de la station	64
III.3.2. Données de base de la station.....	64
III.3.3. Principe de Traitement de la station.....	65
III.3.3.1. Arrivée de l'eau à la station	65
III.3.3.2. Traitement des eaux.....	66
III.3.4.Acheminement	71
III.3.5. Rejet	72
III.4. La situation géographique de la commune de N'goussa	73
III.4.1.Station d'épuration (STEP-N'goussa).....	74
III.4.1.1.Fiche technique de la Station (STEP-Ngoussa).....	74
III.4.1.2.L'objectif de traitement de la station.....	75
III.4.1.3.Les caractéristiques de la station	75
III.4.1.4.Matériaux filtrants	76
III.4.1.5.Les étapes de fonctionnement de la station	76
III.5.Les analyses physico-chimiques des eaux usées	81
III.5.1. Les paramètres déterminés et les méthodes utilisés.....	83
III.5.1.1.Détermination de pH	83
III.5.1.2. Détermination de conductivité électrique, salinité et la température	84
III.5.1.3.Détermination de l'O ₂ Dissous.....	85
III.5.1.4.La matière en suspension(MES).....	85
III.5.1.5.La demande chimique en oxygène(DCO)	87

III.5.1.6. La demande biologique en oxygène (DBO ₅)	89
III.5.1.7. Mesure de l'ammonium (NH ₄ ⁺)	91
III.5.1.8. Mesure de nitrite (N-NO ₂ ⁻)	91
III.5.1.9. Mesure de nitrate (N-NO ₃ ⁻)	92
III.5.1.10. Phosphore Total (PT)	92
III.6. Conclusion	93

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Introduction	94
IV.2. Coefficient de biodégradabilité (rapport DCO/DBO ₅)	94
IV-3. Qualités des eaux usées brutes entrant dans les deux stations d'épurations	96
IV.4. Résultats et discussions	98
IV.4.1. Le débit	98
IV.4.2. Les paramètres physico-chimiques	99
IV.4.2.1. Variation spatio-temporelle de la température	99
IV.4.2.2. Variation spatio-temporelle du pH	101
IV.4.2.3. Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE)	103
IV.4.2.4. Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous	104
IV.4.2.5. Variation spatio-temporelle de l'Ammonium (N-NH ₄ ⁺)	107
IV.4.2.6. Variation spatio-temporelle de Nitrite (NO ₂ ⁻)	109
IV.4.2.7. Variation spatio-temporelle de Nitrate (NO ₃ ⁻)	111
IV.4.2.8. Variation spatio-temporelle de Phosphore total (Pt)	112
IV.4.3. Les paramètres inducteurs de la pollution organiques	114
IV.4.3.1. Variation spatio-temporelle des matières en suspension (MES)	114
IV.4.3.2. Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO)	116
IV.4.3.3. Variation spatio-temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	118
IV.5. Evaluation du rendement des stations d'épurations (STEP1-STEP2)	120
IV.5.1. Introduction	120

IV.5.2. Comparaison entre le rendement mesuré et le rendement de dimensionnement	120
IV.5.3. Comparaison des rendements mesurés entre les deux stations (Lagunage aéré-Filtre planté de roseaux.....	121
IV.6. CONCLUSION	124
Conclusion générale et recommandation	125
Références bibliographiques.....	127
Annexes	133

INTRODUCTION GENERALE

« *L'eau est au monde ce que le sang est à notre corps* » disait Léonard de Vinci. Qu'elle soit superficielle ou souterraine, l'eau est l'élément de base de notre vie et le facteur limitant par excellence. De ce fait la préservation des ressources hydriques par la gestion rationnelle est devenue la préoccupation majeure des pouvoirs publics, décideurs, chercheurs et même les simples citoyens. La qualité de l'eau est déterminante du niveau de vie et du développement des sociétés, et sa pollution constitue le danger le plus redoutable ayant incité les instances publics à proposer des réglementations de plus en plus rigoureuses en mettant au point, et à chaque fois que possible de nouvelles techniques de dépollution des eaux visant parfois sa réutilisation et d'autres fois la protection de l'environnement.[1]

La région objet de notre étude, à savoir, la cuvette de Ouargla, est une région qui connut un grave problème d'excédent hydrique, causé par les rejets des eaux usées résiduelles et le rejet des eaux de drainage agricole, qui ont augmenté le niveau piézométrique de la nappe phréatique. [2]

Pour améliorer cette situation, les pouvoirs publics, représentés par l'ONA (Office National de l'Assainissement) de Ouargla ont mis en œuvre plusieurs solutions techniques, comme la réalisation des stations des traitements des eaux usées par lagunage aéré Saïd Otba et Filtre planté de roseaux N'Goussa.

En Algérie et selon l'ONA, on compte 75 stations de lagunage et 03 stations à filtre planté.[3]

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour altérer le moins possible le milieu récepteur.

Néanmoins, pour avoir des bons résultats, conformes aux normes de rejets ou à celles d'irrigation, il faut choisir une technique d'épuration efficace, économique et qui respecte l'environnement.

Pour cela, nous avons étudié la qualité des eaux usées épurées issues de deux stations d'épuration avec deux techniques différentes « Lagunage aéré et Filtre planté de roseaux » dans la wilaya de Ouargla afin de ressortir la plus efficace.

Notre étude s'appuie sur les objectifs spécifiques suivants :

- ✚ suivie l'évolution de l'épuration dans chacune des deux techniques de traitement par des mesures des paramètres physico-chimiques.
- ✚ faire le bilan de l'épuration (entrée et sortie) sur chaque station d'épuration étudiée sur la base des résultats obtenus.
- ✚ Identifier les défaillances de fonctionnement en vue d'une amélioration des performances épuratoires des techniques étudiées.

Notre travail est entamé par cette introduction qui donne une idée de l'importance du mémoire abordé tout en exposant clairement les objectifs visés.

- ✚ Le premier chapitre : Notion sur les eaux usées et leur épuration
- ✚ le deuxième chapitre : Traitement des eaux usées par (lagunage et Filtre planté de roseaux).
- ✚ Le troisième chapitre : matériels et méthodes.
- ✚ Enfin le quatrième chapitre donne les résultats obtenus et fait une interprétation de ces résultats.

Le mémoire se termine par une conclusion générale et des recommandations.

Chapitre I

Notions sur les eaux usées et leur épuration

I.1.Introduction

Les eaux usées, quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représente un danger réel pour les milieux récepteur ou leurs utilisateurs. Donc il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration.

I.2.Définition des eaux usées

«La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit».

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance. [4]

I.3.Origine des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer :

I.3.1.Les eaux usées domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts.

On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement :

- **Les eaux vannes**, qui correspondent aux eaux de toilettes ;

- **Les eaux grises** qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche/bain, etc....

- La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable, et dépend de trois facteurs :
- La composition originelle de l'eau potable, qui elle-même dépend de la composition de l'eau utilisée pour produire l'eau potable, de la qualité du traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné, de la nature des canalisations, etc....
- Les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives mais aussi, solvants, peintures, mercure de thermomètre, colle, etc....

Les utilisateurs eux-mêmes qui vont rejeter de la matière organique dans les égouts (urines et fèces) ; la matière organique est le polluant majoritaire des eaux domestiques. Ce type de rejets apporte également des micro-organismes et des contaminants divers (médicaments etc...). [5]

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à : (ONA)

- De 70 à 90 grammes de matières en suspension.
 - De 60 à 70 grammes de matières organiques.
 - De 15 à 17 grammes de matières azotées.
 - 4 grammes de phosphore.
 - plusieurs milliards de germes pour 100 ml.
- ✓ La composition et les caractéristiques des eaux usées domestiques sont peu variables par rapport aux eaux usées industrielles.

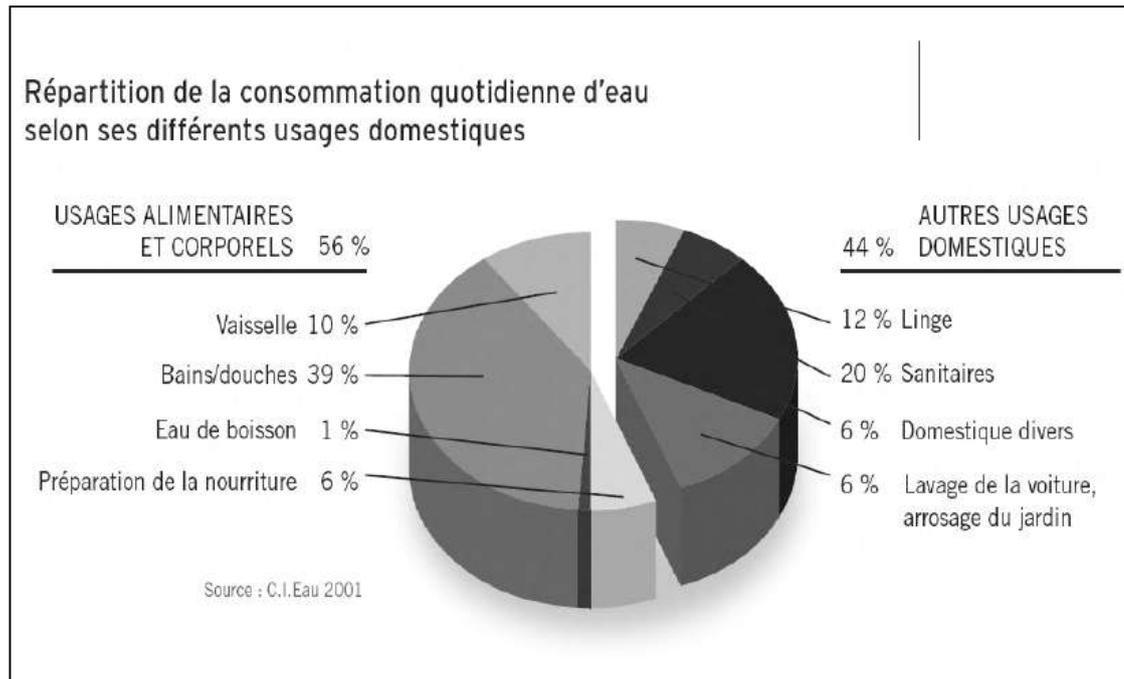


Figure I. 1 : Diagramme représentant la répartition des consommations quotidiennes d'eau selon les usages domestiques. [6]

I.3.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage).
- des hydrocarbures (raffineries).
- des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- des acides, des bases et produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries).
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux usées domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration. [4]

I.3.3. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eaux usées domestiques et d'eaux usées industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations à caractère collectif (hôpitaux, commerces, casernes, etc.) [7]

I.3.4. Les eaux usées pluviales

Les eaux usées de pluie ruissellent, dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbure rejetée par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration ; sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. [8]

I.3.5. Les eaux de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures.

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes. [9]

I.4. Le système de collecte des eaux usées**I.4.1. Assainissement collectif**

Le transport des eaux par les réseaux de collecte, souterrains, généralement en ciment ou en PVC, jusqu'à la station d'épuration se fait généralement par gravité mais aussi par refoulement ou par mise sous pression ou par dépression. Le réseau est parfois équipé de postes de pompage pour franchir un obstacle.

Il existe deux types de réseaux de collecte ou égouts (Figure I.2)

- **les réseaux unitaires** : les plus anciens, qui recueillent dans le même collecteur l'ensemble des eaux domestique et des eaux pluviales et dans certains cas des eaux industrielles. [10]
- **Les réseaux séparatifs** : plus récents, qui comprennent deux émissaires distincts, l'un pour les eaux usées domestiques et industrielles, l'autre pour les eaux pluviales. [10]

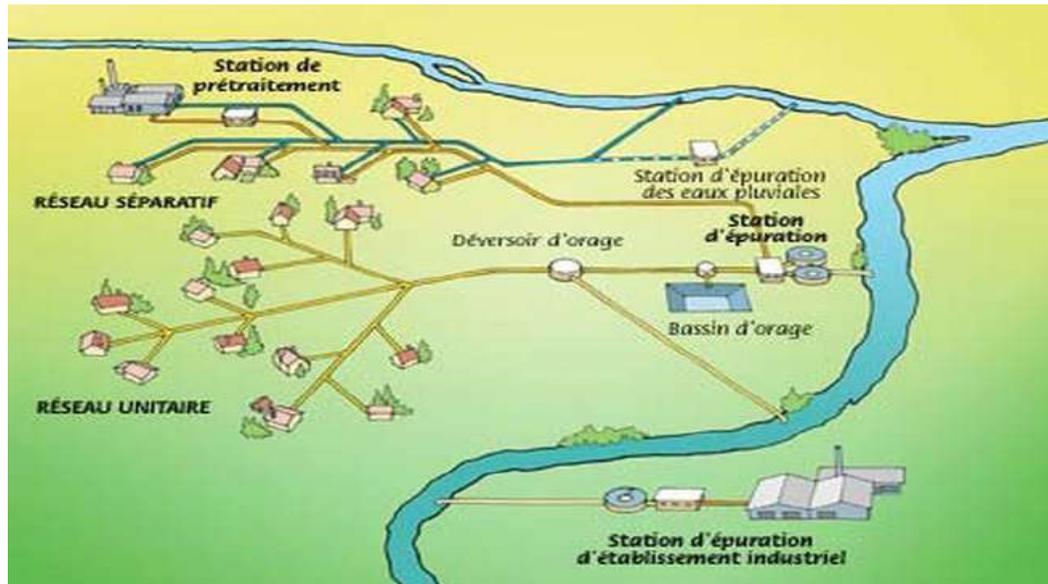


Figure I. 2 : Les deux types de réseaux de collecte des eaux usées [10]

I.4.2. Assainissement autonome

L'assainissement autonome des habitations, voire des locaux: d'activités isolés concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif. Il a pour objectif d'assurer l'épuration des eaux usées par le sol, sous des modes compatibles avec des exigences de la santé publique et de l'environnement.

Le système d'assainissement autonome offre une solution économique apte à satisfaire aux exigences d'hygiène et d'épuration par le sol.

Les composantes essentielles en sont :-La cabine-Les fosses-Le puisard-Les différents éléments de raccordement. [11]

I.5. La pollution des eaux

I.5.1. Définition

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentations, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons. [16]

I.5.2. Différents types de la pollution. [12]

Trois grandes familles caractérisent la pollution

I.5.2.1 Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels.

On distingue :

- **Pollution solide** : elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.
- **Pollution thermique** : causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.
- **Pollution radioactive** : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs

I.5.2.2. Pollution chimique

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd, ...), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc...

I.5.2.3. Pollution microbiologique

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine

I.5.3. Les Sources de pollution

La pollution peut être considérée comme une dégradation du milieu naturel par divers facteurs. La pollution de l'eau est la dégradation ou l'altération de l'eau qui rend son utilisation dangereuse pour la santé humaine, animale ou végétale. Il existe deux catégories de pollution, soit la pollution dite ponctuelle et la pollution dite diffuse.

I.5.3.1. La pollution ponctuelle

La pollution ponctuelle (directe) est la pollution qui provient d'un point unique et identifiable, par exemple, l'effluent d'une usine. Ce type de pollution est le plus connu et souvent le plus polluant à court terme. Les émissions de ce type de pollution sont généralement beaucoup plus polluantes que celles produites par la pollution diffuse. [13]

I.5.3.2. La pollution diffuse (non ponctuelle)

La pollution diffuse (indirecte) est la pollution la plus répandue et, de nos jours, la plus néfaste. Ce type de pollution contamine l'air, le sol et l'eau sur de longues périodes. Généralement, il s'agit de petites doses répétées régulièrement et sur de grandes surfaces. Ce type de pollution est moins légiféré. La pollution diffuse est plus difficile à contrôler que la pollution ponctuelle parce qu'elle est liée à une multitude de sources réparties sur l'ensemble du territoire. [13]

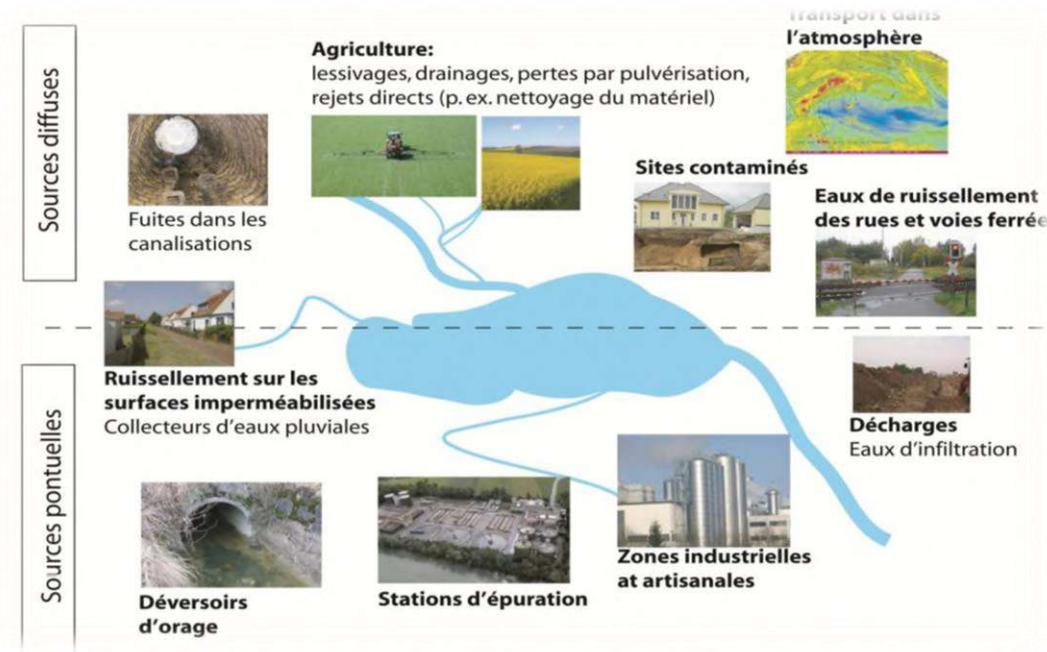


Figure I. 3 : Sources ponctuelles et Diffuses de pollution des eaux usées. [14]

I.5.4. Les substrats polluants

A la différence de divers phénomènes de pollution, celle des eaux se traduit par les effets particuliers liés aux spécificités écologiques propres aux milieux aquatiques. En effet, l'eau peut dissoudre, souvent avec facilité, de nombreuses substances chimiques et biologiques. Par conséquent, tout polluant peut être véhiculé fort loin de la source de contamination. On distingue quatre catégories principales liées aux différentes caractéristiques de ces substances qui déterminent le type de procédé efficace pour leur purification. [15-16-17-18].

I.5.4.1. Matières décantables ou flottantes

Elles représentent la fraction des composés grossiers (galets, graisses...). Ces substances sont soumises à des prétraitements ou éventuellement à un traitement primaire. En fonction de leur nature, on peut recourir aux procédés de flottation ou de décantation.

I.5.4.2. Matières fines en suspension

Elles sont formées de particules visibles à l'œil nu (de 0.1 à 1 mm) qui contribuent à la turbidité de l'eau. Leur traitement s'effectue par des techniques de sédimentation ou de centrifugation.

I.5.4.3. Matières colloïdales

Dissoute dans l'eau, elles sont constituées de particules d'un diamètre de 0.01 à 100µm. A la limite entre les phases solide et soluble, ces éléments sont éliminés par dégradation biologique ou par décantation associée à un mécanisme de coagulation.

I.5.4.4. Matières solubles

Leur taille est inférieure à 0.01µm. Ces substances sont directement consommées par la population biologique au cours de traitement secondaire. La partie biodégradable peut se retrouver dans l'effluent de sortie, si leur quantité est importante tertiaire s'impose.

Une autre classification très importante est fondée sur le pouvoir de dégradation des déchets polluants. On distingue ainsi deux classes principales.

I.5.4.5. Matières biodégradables

Affectées par les activités biologiques des micro-organismes, ces substances sont soumises aux divers processus biochimiques de conversion. Cette fraction biodégradable peut être structure en deux groupes. [19]

➤ **Matières aisément dégradables**

Composées des substances solubles. Ces matières ont la caractéristique de pouvoir être directement absorbées par les bactéries.

➤ **Matière lentement dégradables**

Composées des substrats particules formés par un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles. Ces matières sont soumises à certains processus intermédiaires avant d'être absorbées par la population bactérienne.

➤ **Matières non-biodégradables**

Ces substances inertes ne subissent aucun phénomène biologique de transformation. Ces matières sont soit présentes dans les eaux résiduaires, comme les métaux lourds, soit issues des phénomènes de mortalité des micro-organismes au cours des processus biologiques d'épuration. Les composants non-biodégradables solubles peuvent traverser la station

d'épuration sans être modifiés mais les matières inertes en suspension peuvent être éliminées par les mécanismes de décantation.

La structure chimique des polluants permet de distinguer deux types de composés cités dans le tableau (I.1-Annexe1).

I.5.4.6.Matières organiques

Elles sont constituées d'un grand nombre de composées qui ont la particularité commune de posséder au moins un atome de carbone, d'où leur nom de substances carbonées. Ces atomes de carbone sont oxydés biologiquement par les micro-organismes pour fournir l'énergie nécessaire à leur croissance. [19]

I.5.4.7.Matières inorganiques

Sont des substances ne contenant pas de carbone. La fraction minérale des eaux résiduaires représente principalement les produits azotés et phosphorés.

Ces diverses classifications sont résumées dans le tableau (I.1-Annexe1)

I.5.5.Les micro-organismes épurateurs

Le monde vivant est classé en trois catégories principales : les végétaux, les animaux et les protistes qui se distinguent des deux autres règnes par la structure relativement simple et la multiplication rapide de leurs individus. Ces micro-organismes sont composés essentiellement des bactéries (êtres unicellulaires), des levures (champignons unicellulaires), des moisissures (champignons de très petite taille) et des protozoaires (prédateurs des bactéries). Certaines de ces populations microbiologiques ont la faculté de dégrader les substances polluantes présentes dans les eaux résiduaires pour les convertir en eau, en dioxyde de carbone et en matières minérales dont l'effet polluant est moins nuisible pour les milieux récepteurs. Ces micro-organismes sont à la base de l'épuration biologique qui est le procédé le plus utilisé pour restaurer la qualité de l'eau en la débarrassant de ses principales impuretés pourvu qu'elles soient plus au moins biodégradables et ne contiennent pas de toxiques qui font l'objet d'un traitement particulier (épuration physico-chimique).[19]

I.6. Les paramètres de mesure de la pollution

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.6.1. les paramètres physiques

Pour un bon traitement des eaux usées il faut connaître la quantité, la qualité et la variation temporelle de la composition de l'effluent. Pour cela certaines analyses sont utilisées pour mesurer la pollution de l'effluent : la température ; ph, DCO, DBO et les MES... [20]

I.6.1.1. La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification biologique. La nitrification est optimale pour les températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle est s'arrête pour des températures inférieure à 5°C. [7]

I.6.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

C'est une mesure qui donne des indications sur l'acidité ou la basicité des eaux, elle est mesurée grâce à un pH-mètre, les mesures se font in situ. Les micro-organismes sont très sensible à la variation du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si valeur est comprise entre 6 et 9 l'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur l'autre élément comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le PH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de Ph comprises entre 7.5 et 9. [7]

I.6.1.3.La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale en suspension présentes(MES) dans l'eau. [7]

I.6.1.4.Odeur

L'odeur est généralement l'indice de fermentation microbienne et signe de pollution (Rodier 2009).

I.6.1.5.Couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composés organiques colorés).La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible. [21]

I.6.1.6.Le débit

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de «équivalent habitant» qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour. [21]

I.6.1.7.Les matières en suspension(MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques(MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante.

$$\text{MES}=30\%\text{MMS}+70\%\text{MVS}$$

➤ **Les matières volatiles en suspension(MVS)**

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

➤ Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son «extrait sec» constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène. [4]

I.6.1.8. La conductivité électrique (CE)

Elle est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la salinité de l'eau. La conductivité s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre, et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime généralement en Ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau sa mesure est utile car au-delà de la valeur limitée de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 μ S/cm, la prolifération de micro-organismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. [7]

I.6.2. Caractéristiques chimiques des eaux usées

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

I.6.2.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

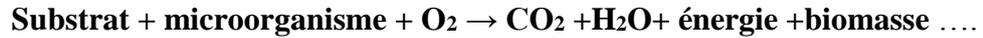
La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. [4]

I.6.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Elle représente la quantité d'oxygène par les phénomènes d'oxydation chimique, d'une part et, d'autre part par la dégradation des matières organiques par voie aérobie. La DBO permet

D'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et, donc dans une certaine mesure sa qualité ou son degré de pollution. [22]

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



La DBO d'une eau résiduaire est généralement inférieure à sa demande chimique en oxygène (DCO). [23]

I.6.2.3. Indice de biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les Micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}$$

Généralement la valeur de **K** est reportée dans le tableau(I.2)

Tableau I. 2 : La signification de la biodégradabilité [24]

K	Signification de la biodégradabilité
K < 3	effluent facilement biodégradable
3 < K < 5	effluent moyennement biodégradable
K > 5	effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la Croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les Hydrocarbures ... etc.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si L'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique Un traitement physico-chimique. [4]

I.6.2.4.L'Azote ammoniacal [7]

Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacale sans être pour cela nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs. La mise en évidence, dans l'eau, de teneurs importantes en azote ammoniacal implique généralement une contamination récente par les matières organique en décomposition. A ce stade une contamination est à craindre.

.Nitrites : Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau, mais à des doses faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant.

.Nitrates : Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniaque, nitrites etc.)

Sont susceptible à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Celles-ci sont souvent liées au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par des engrais, les fientes et fumiers divers et les boues de stations d'épurations.

I.6.2.5.Les phosphates

Les phosphores font partie des anions facilement fixés par le sol. Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les bassins des stations d'épurations, la grosse canalisation et les eaux des lacs, ou il contribue à l'eutrophisation. [7]

I.6.3.Paramètres biologiques

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

➤ **Les virus**

Ce sont des micro-organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le **Coronavirus** où elle peut aussi avoir lieu par inhalation, estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel. [25]

➤ **LES Bactéries**

Unicellulaires, ces micro-organismes possèdent la structure interne la plus simple de toutes les espèces vivantes. Elles croissent et se multiplient en général par fission binaire. Ces cellules représentent la plus importante population de la communauté microbienne dans tous les procédés biologiques, avec souvent des concentrations qui dépassent 10^6 bactéries/ml. [19]

➤ **Les protozoaires**

De structure plus complexe que celle des bactéries, la distinction des protozoaires est plus simple. Certains groupes de protozoaires sont de redoutables prédateurs pour les bactéries. Ils ont la faculté de se déplacer et sont classifiés suivant leur mode de mouvement (nageurs, rampants, sessiles). Ces organismes peuvent jouer un rôle important au cours du processus d'épuration par leur abondance et leurs interactions avec les bactéries épuratrices (compétition et prédation). [19]

➤ **Les helminthes**

Les helminthes sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Ce sont, pour la plupart, des vers intestinaux, souvent rejetés avec les matières

fécales sous forme d'œufs très résistants. La contamination se fait par ingestion ou par voie transcutanée (par fixation puis pénétration des larves à travers la peau. [26]

I.7.Epuration des eaux usées

Avant tout procédé d'évacuation ou réutilisation des eaux usées, le traitement de ces derniers est nécessaire pour protéger l'environnement et la santé publique ainsi que la santé animale de tout danger.

I.7.1.Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration consiste le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution par la dépollution et non de produire de l'eau potable. [9]

I.7.2.Station d'épuration

Un ensemble d'ouvrages et d'équipements composant une filière de traitement des eaux usées ainsi qu'une filière spécifique de traitement des boues de l'épuration. [27]

Le rôle des stations d'épuration [21]

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- ▶ Traiter les eaux.
- ▶ Protéger l'environnement.
- ▶ Protéger la santé publique.
- ▶ Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement

✓ Nombre de STEP en exploitation par L'ONA (2020) [3]

Le nombre des stations d'épuration (STEP) en exploitation par l'Office national d'assainissement (ONA) en Algérie en 2020 et de 154 STEP.

Tableau I. 3 : Nombre des stations d'épurations par filière en Algérie (2020)

Nombre de STEP	Boue Activées	Lagunage naturel ou aéré	Filtres plantés
154	76	75	03

- Capacités installées des STEP : **10390779 Millions Equivalent habitants.**
- Volume mensuel des eaux épurées : **21 Millions de m³.**
- Débit moyen journalier des eaux usées épurées : **668396 Millions m³/j.**

I.7.3. Les procédés d'épuration des eaux usées

Un ensemble d'étapes de traitement des effluents collectés par un réseau d'assainissement et permettant d'éliminer tout ou partie de leur charge polluante avec des procédés physiques, chimiques et biologiques mis en œuvre dans une station d'épuration. [27]

I.7.3.1. Les procédés physiques (prétraitement)

Il a pour l'objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation. Le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras.

I.7.3.1.1. Le dégrillage

A l'entrée des stations d'épuration, les effluents bruts subissent un dégrillage pour retenir les matières volumineuses (sacs plastiques, morceaux de bois, canette de boisson...). C'est étape primordiale pour assurer le bon fonctionnement des étapes ultérieures.

Les grilles sont généralement inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale. Les barreaux sont soit en acier (la plus parts des cas) ou en fer.

- ♣ Les grilles manuelles sont utilisées pour les petites stations.
- ♣ Les grilles mécaniques sont munies d'une horloge et se déclenchent automatiquement. On trouve se ce système dans les grandes stations d'épuration. [22]

I.7.3.1.2. Le dessablage

L'élimination des sables présents dans les effluents est indispensable pour éviter le colmatage des conduits ainsi que le risque d'abrasion des organes mécaniques. Le dessablage concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 μ m. Le principe du système consiste à faire traverser les effluents dans des bassins où leur vitesse d'écoulement est réduite à moins de 0.3m/s. Les particules subissent la loi de Stokes et sédimentent au fond du bassin. Un racleur permet le curage du fond du bassin et l'évacuation vers le collecteur des boues. [22]

I.7.3.1.3. Déshuilage et dégraissage

Les opérations de dégraissage et déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, des huiles et des graisses qui ont une densité plus faible que l'eau, donc plus légères. Les graisses (éléments solides d'origine animale ou végétale). Les huiles (liquides d'origine animale, végétale ou industrielle) peuvent entraver les processus biologiques dans les stations d'épuration. [22]

I.7.3.2. les procédés physico-chimiques (Traitement primaire)

Regroupent les procédures physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation, une forte proportion de matières minérales ou organique en suspension. Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées, ils ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise pour répondre aux exigences réglementaires. [7]

I.7.3.2.1. La décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. [28]

I.7.3.2. Coagulation et floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin.

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration. [29]

I.7.3.3. Epuration biologique (Traitement secondaire)

Les procédés biologiques reproduisent les procédés d'auto-épuration existant dans le milieu aquatique. Les techniques biologiques d'épuration utilisent ainsi l'activité des micro-organismes pour dégrader les polluants des eaux résiduaires et oxyder les composés azotés jusqu'au stade nitrate. On distingue différents procédés et techniques résumées tableau (I.4-Annexe1) [10]

-Les procédés biologiques aérobies sont mis en œuvre dans presque toutes les stations d'épuration, alors que les procédés biologiques anaérobies sont réservés aux eaux à très haute pollution issues de l'industrie alimentaire, de l'industrie du papier et de la cellulose. [10]

I.7.3.3.1. Les techniques biologiques d'épuration des eaux usées

I.7.3.3.1.1. Les techniques intensives classiques

Ce sont des systèmes d'épuration classique qui occupent peu d'espace et consomment de l'énergie. En plus, ils ont un coût d'installation et de fonctionnement élevé. On distingue trois grands types de procédés utilisés :

- Les boues activées
- Les lits bactériens et disques biologiques

- les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée. [30]

a. Boues activées

Les stations par boues activées (très riche en micro-organismes ayant besoin d'oxygène pour vivre) reposent sur les principes suivants :

- l'eau à épurer est mise en contact dans le bassin d'activation avec une culture bactérienne importante ;
- de l'oxygène est fourni à travers un dispositif d'aération ;
- un brassage de la culture bactérienne est effectué ;
- la séparation de la culture bactérienne (boue) et de l'eau épurée se fait dans un bassin de décantation dit clarificateur ;
- la boue est soit recirculée, soit extraite : ce sont les « les boues en excès ». [9]

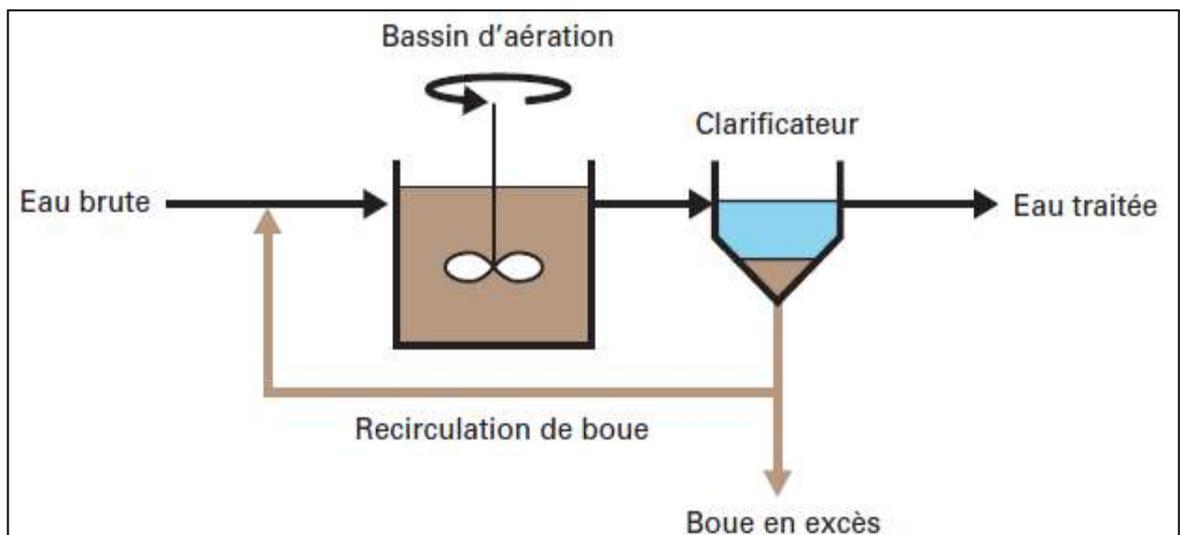


Figure I. 4 : station d'épuration à boue activée. [30]

Les avantages et inconvénients des boues activées sont résumés sur le tableau suivant. [31]

Tableau I. 5 : Les avantages et inconvénients des boues activées.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Emprise au sol réduit. • Grande performance d'élimination de la DBO, la DCO et des MES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement élevé • Sensibilité aux variations de charges : hydraulique et organique • Nécessité d'un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre qualifiée). • Coût d'exploitation (énergétique) élevé. • Faibles performances en matière d'élimination des agents pathogènes.

b. Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateur. (schéma ci-dessous). Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement.

Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. [30]

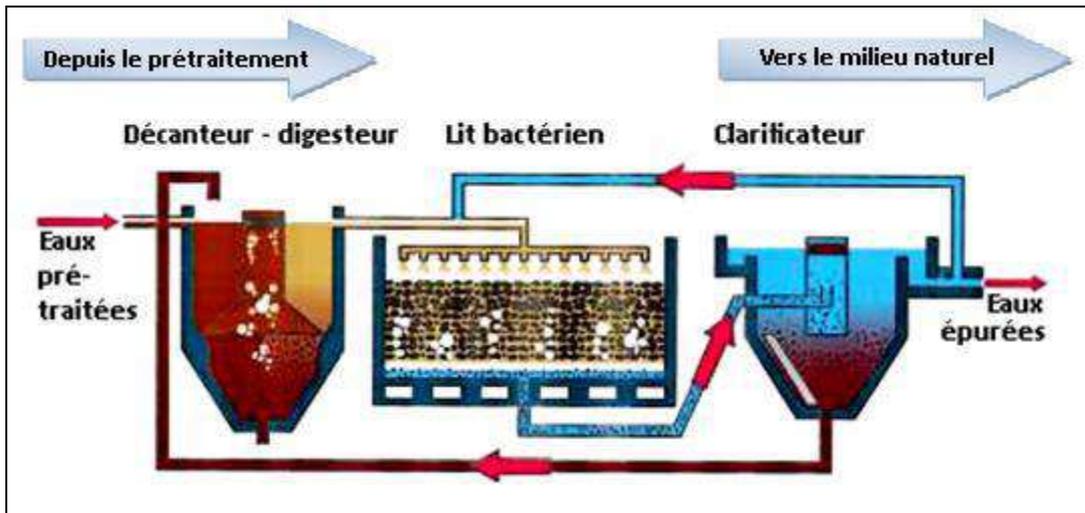


Figure I. 5 : Configuration du procédé lit bactérien [31]

Tableau I. 6 : Avantages et inconvénients du procédé lit bactérien [31]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Occupation au sol relativement faible ; ▶ Bonnes performances en terme de réduction de la DBO, de la DCO et des MES. ▶ Faible consommation en énergie. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Coût d'investissement élevé ; ▶ Ne supporte pas les variations de débit et de concentration des effluents ; ▶ Nécessite un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre importante) ; ▶ Pollution olfactive ; ▶ Nuisances par le développement des insectes.

c. Disque biologique

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants. Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immérgés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),
- Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes. [30])

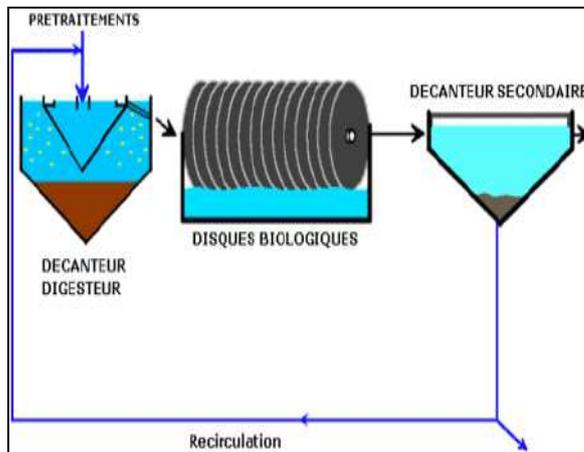


Figure I. 6 : station d'épuration comportant un disque biologique [30]

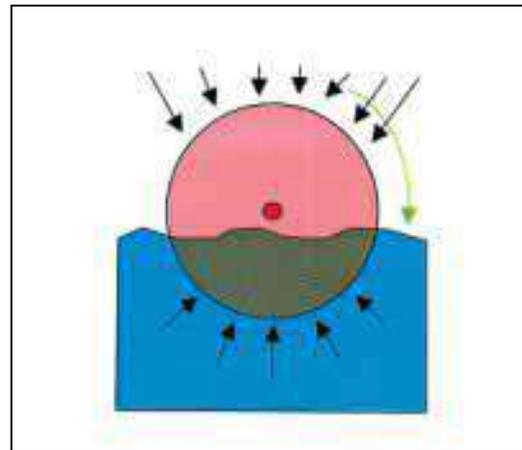


Figure I. 7 : Schéma de principe d'un disque biologique [30]

Tableau I. 7 : Avantages et inconvénients des disques biologiques. [31]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Très bonne réactivité en cas de surcharges par rapport aux boues activées; • Moins d'équipement électromécanique : un seul moteur par file ; • Consommation électrique faible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation de la capacité de la STEP à 100000 EH. • Possibilité de la pollution olfactive.

N.B : Ces techniques peuvent être utilisées en combinaison avec des filières extensives. En particulier, les stations constituées d'un disque biologique ou d'un lit bactérien, suivies d'une lagune de finition, peuvent permettre d'obtenir des rejets d'excellente qualité (élimination des nutriments, fort abattement des germes pathogènes).

I.7.3.3.1.2. Les techniques extensives d'épuration

Les techniques dites extensives sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse. [30]

Le principal désavantage des unités extensives est que de grandes surfaces de terrains sont nécessaires pour obtenir une longue durée de séjour et assurer un apport d'oxygène suffisant. nous détaillerons les techniques selon le plan suivant :

✓ **Les techniques extensives à culture fixe**

- Infiltration-percolation.
- Filtre planté à écoulement vertical.
- Filtre planté à écoulement horizontal.

✓ **Les techniques extensives à culture libre**

- -Lagunage naturel.
- Lagunage à macrophyte .
- Lagunage aéré.

I.7.3.3.1.2.1. Les techniques extensifs à culture libre

a. Lagunage naturel

La technique de l'épuration des eaux usées par lagunage consiste à faire circuler lentement un effluent (prétraité) dans une succession de bassins (appelés lagunes) peu profonds. Au cours de ce cheminement, la dégradation de la matière organique est assurée principalement par des microorganismes aérobies.

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.

Un lagunage naturel est composé, le plus souvent, de plusieurs bassins étanches ou “lagunes à microphytes”, fonctionnant en série.

L'installation de trois lagunes ou plus est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique.

Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

- le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée.
- le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore.
- le troisième affine le traitement et fiabilise le système. [31]

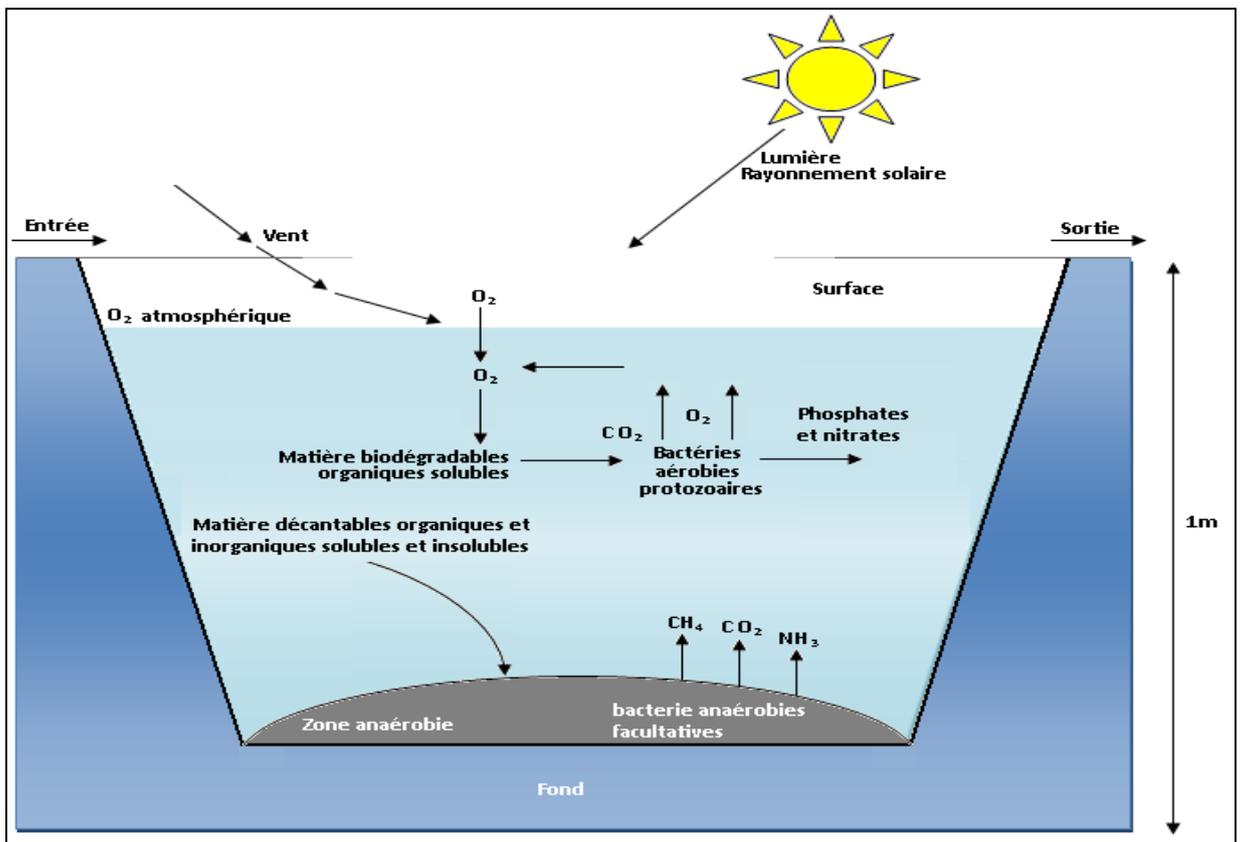


Figure I. 8 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel [31]

b. Lagunage à macrophyte

Il est constitué de plantes telles que les roseaux et les massettes. Les bassins sont généralement de plus faible surface et moins profond 0,6 à 0,8m ou la charge polluante est plus faible. L'effet épuratoire est dû principalement à la faculté de ces plantes d'extraire les éléments nutritifs de la colonne d'eau. [28]

c. Lagunage aéré

Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage naturel dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques. Le principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

I.7.3.3.1.2.2. Les techniques extensifs à culture fixe**a. Les filtres plantés**

Contrairement à la technique de lagunage consommatrice d'espace, les systèmes de filtres plantés permettent de réduire énormément les emprises nécessaires à l'installation des équipements. Une station d'épuration par filtres plantés fonctionne comme un marais naturel.

Les eaux brutes (eaux grises et eaux vannes) passent à travers des bassins remplis d'un substrat minéral (graviers plus ou moins grossiers) où sont plantés différents végétaux subaquatiques (roseaux, massettes, joncs, iris, scirpes...). Ces plantes et plus particulièrement les roseaux ont la particularité de développer un tissu racinaire et un réseau de galeries qui drainent, oxygènent et servent de support aux bactéries épuratrices (aérobies).

b. Infiltration- percolation sur sable

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible.

Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés. [30]

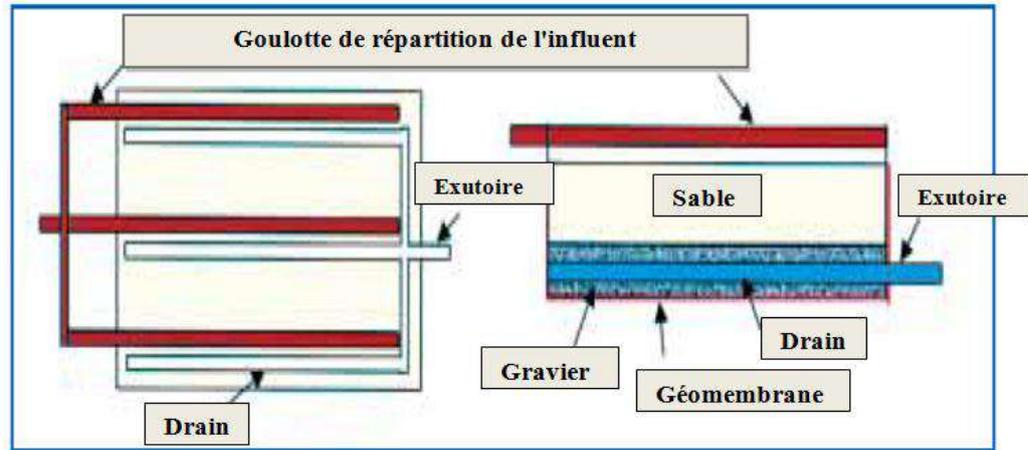


Figure I. 9 : Infiltration-percolation étanchée et drainée [30]

I.7.3.4. Les traitements tertiaires

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau.

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations suivantes :

- la nitrification-dénitrification et déphosphatation biologique ou mixte (biologique et physico-chimique) ;
- la désinfection bactériologique et virologique. [4]

I.8. Choix des procédés d'épuration

□ En Algérie

Le choix de la filière de traitement des eaux usées est déterminé en fonction de la destination finale des eaux Épurées qui peut consister en :

- leur rejet dans le domaine public hydraulique dans le respect des conditions fixées par la réglementation en vigueur ;
- leur réutilisation à des fins d'irrigation, dans le respect des conditions fixées par la réglementation en vigueur ;
- leur utilisation dans le domaine industriel en fonction des exigences de qualité de l'eau correspondant aux procédés industriels considérés ;
- la recharge artificielle des nappes aquifères. [27]

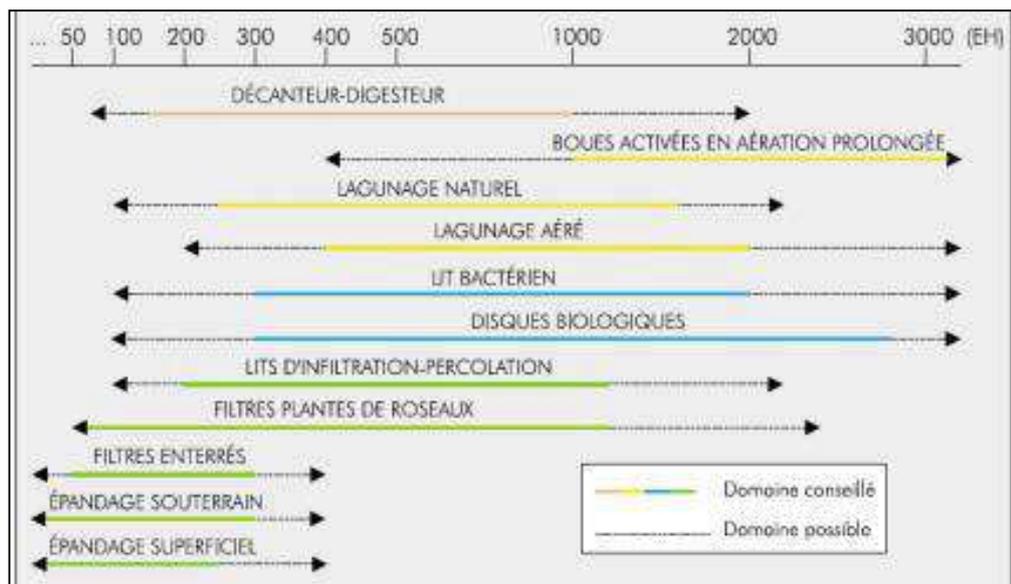


Figure I. 10 : Domaine de capacité de différentes filières de traitement des eaux usées [32]

I.9. Normes de rejets

- **La norme** est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret.

- **Les normes de rejet** sont des valeurs de paramètres polluants d'une eau usées à ne pas dépasser. On distingue :

a-A l'échelle nationale

La réglementation algérienne n'a pas consacré un texte qui spécifie les normes de rejet des eaux usées épurées urbaines. Les seules normes de rejets existantes sont celles concernant les effluents liquides industriels citées au sein du décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (voir Tableau (I.8-annexe2)). Parmi les valeurs limites définies dans ce décret, nous citons : [33]

MES : 35 mg/l DCO : 120 mg/l DBO5 :35 mg/l NK : 30 mg/l PT : 10 mg/l

b-A l'échelle mondiale

Les recommandations de l'OMS sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) et (FAO) pour les eaux usées sont présentées dans les tableaux (I.9-I.10-Annexe2) [21]-[5]

I.10.Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les différents procédés qu'on peut utiliser pour épurer une eau usée.

Nous avons constaté que l'eau à épurer doit passer par plusieurs étapes successives. La première étape est constituée par les prétraitements et la décantation primaire, la deuxième est celle de l'épuration biologique et la décantation secondaire et la dernière est celle de la désinfection. Enfin les normes appliquent à ces eaux épurées à l'échelle nationale et mondiale

Dans le chapitre suivant, on s'intéressera tout particulièrement au procédé de traitement par lagunage aéré et Filtre planté de roseaux à écoulement vertical qui constituent les éléments principaux développés dans la seconde partie de notre mémoire.

Chapitre II

*Traitement des eaux usées
par (Lagunage et filtre
planté de roseaux)*

Chapitre II : Traitement des eaux usées par (Lagunage et filtre planté de roseaux)

II.1.Introduction

L'épuration des eaux usées doit actuellement franchir une étape importante du fait des récentes directives environnementales de plus en plus rigoureuses. Pour répondre aux besoins des petites collectivités ayant des contraintes techniques et financières leur interdisant les systèmes techniques d'épuration classiques, on a vu apparaître sur le marché, des systèmes d'épuration «rustiques», techniques alternatives aux procédés artificiels, tels que : **le lagunage**, l'épandage ou encore les **lits filtrants plantés de macrophytes**.

Dans cette étude l'attention sera uniquement portée sur les deux techniques de traitement des eaux usées :

- **Lagunage aéré.**
- **Filtre planté de roseaux à écoulement vertical.**

II.2.Traitement des eaux usées par lagunage

II.2.1.Définition et Principes de base

Le lagunage est simple, écologique, rustique, fiable et peu onéreux du fait de son fonctionnement non mécanisé, avec des résultats hautement satisfaisants en matière de décontamination. C'est en fait une forme naturelle et souple du traitement biologique des eaux usées.

Le traitement par lagunage est constitué d'une série de bassins artificiels, ou étangs, formés de digues imperméabilisés, dans lesquels les eaux usées sont déversées et passent successivement et naturellement d'un bassin à l'autre, par gravitation, pendant un long temps de séjour. Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction de divers paramètres, tels que les conditions locales, les exigences sur la qualité de l'effluent final et le débit à traiter. Ces bassins fonctionnent comme des écosystèmes avec des relations de symbiose entre les différentes populations composées de bactéries, d'algues, de plantes, etc. Ces différents organismes interviennent afin d'éliminer la charge polluante contenue dans l'eau usée. [34]

II.2.2.Classification des types de lagunages

On peut classer les différents types de lagunages.

- Selon l'agent responsable de l'épuration
- Selon l'apport d'aération

II.2.2.1.Selon l'agent responsable de l'épuration

Dans cette catégorie, il existe trois types de lagunages.

II.2.2.1.1.Le lagunage à microphytes

Le lagunage à microphytes repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce aux rayons lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives. [21]

II.2.2.1.2.Le lagunage à macrophytes

La technique de lagunage à macrophytes est une ancienne technique, connaissant un intérêt de réhabilitation et de modernisation très sollicité par les petites et moyennes collectivités. Ce type de traitement nécessite des plantes macrophytes originaires des zones humides naturelles (phragmites, typha, joncs, etc). Sur un support filtrant (granulats). Il s'agit d'un complexe faisant intervenir le mode d'écoulement des eaux aux fonctions biologiques des plantes. Il existe de très nombreuses variétés de macrophyte se développant dans des milieux humides ou aquatiques. On peut les classer en deux groupes selon leur morphologie. [20]

➤ **Les hélophytes ou émergent** : Ces plantes ont des racines ancrées dans la vase au fond de l'eau, mais dont les tiges et les feuilles émergent à l'air libre. Les roseaux (phragmites australis) sont un bon exemple de ce type de macrophytes. [20]

➤ **Les hydrophytes flottants ou flottants** : Ces plantes ont des racines totalement libres et flottantes. Certaines espèces flottantes des zones tempérées comme certaines lentilles d'eau ou

tropicales telles que la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) ou la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) présentent des productivités élevées.[20]

II.2.2.1.3. Le lagunage composite (mixte)

Ce type de bassins fait associer une partie composée de microphytes et une partie

Plantée de macrophytes. Pour pouvoir assurer un faucardage régulier des végétaux, il faut bien dimensionner, aménager et localiser les zones plantées. [21]

II.2.2.2.Selon l'apport d'aération

Dans cette catégorie, il existe deux types de lagunage.

- Le lagunage naturel.
- Le lagunage aéré.

II.2.2.2.1.Le lagunage naturel [35]

L'installation du lagunage naturel est sous forme des bassins, ce qui explique la méthode d'épuration, qui est naturelle et écologique, et le traitement est nommé « action biologique », où les microorganismes réalisent un traitement biologique

Le traitement biologique dans les lagunes se déroule selon une réaction spécifique : la réaction algues-bactéries. L'oxygène nécessaire aux bactéries est fourni par la photosynthèseChlorophyllienne sous l'action des rayons ultraviolets de la lumière solaire.

En raison de sa simplicité d'exploitation et de son efficacité, cette technique connaît un essor important dans les pays en voie de développement et également en Europe. (Fig.II.1)

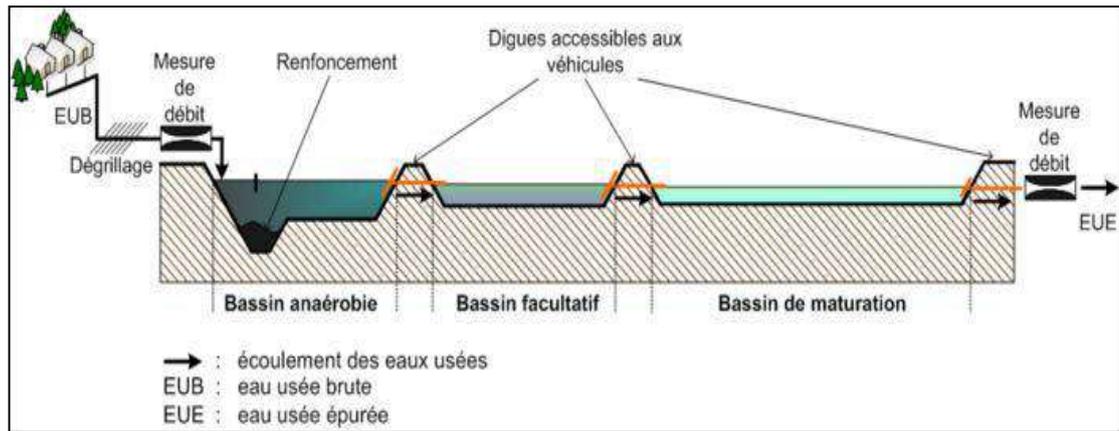


Figure II. 1: Traitement des eaux usées par lagunage naturel [35]

Les eaux usées reçues par la STEP sont chargées en différents polluants, et selon le type des effluents, on distingue différents types de lagunes

. Le lagunage aérobie

Il se réalise dans des bassins dont la profondeur ne dépasse pas 2.5 m. Dans ce type de bassins, seuls les organismes aérobies sont actifs. Ces organismes sont de gros consommateurs d'oxygène [21]

. Le lagunage anaérobie

Bassins profonds de l'ordre de 2 à 5 m. Ce sont des bassins qui reçoivent les plus grandes quantités de matières organiques, il n'y a aucune couche aérobie et toute l'activité biologique est anaérobie. Les matières décantables se déposent sur le fond pour former les boues et subissent une digestion anaérobie, ce processus consiste à transformer la matière organique en gaz. Ce type d'étang permet la formation d'une couche superficielle de plusieurs centimètres qui forme une couverture naturelle capable de retenir la chaleur, les mauvaises odeurs et de maintenir des conditions anaérobies. Ce processus actif pour une température supérieure à 15°C, produit un dégagement de biogaz (70% de méthane et 30% de dioxyde de carbone). [72]

. Le Lagunage facultatif

Bassins avec une profondeur variable de 1,5 à 2 m, sont subdivisés en une zone superficielle aérobie, et un autre anaérobie. Les processus d'épuration sont assurés par des bactéries

aérobies et d'autres anaérobies, en présence des algues microscopiques, qui fournissent de l'oxygène aux bactéries aérobie pour dégrader la matière organique (Fig.II.2) [35].

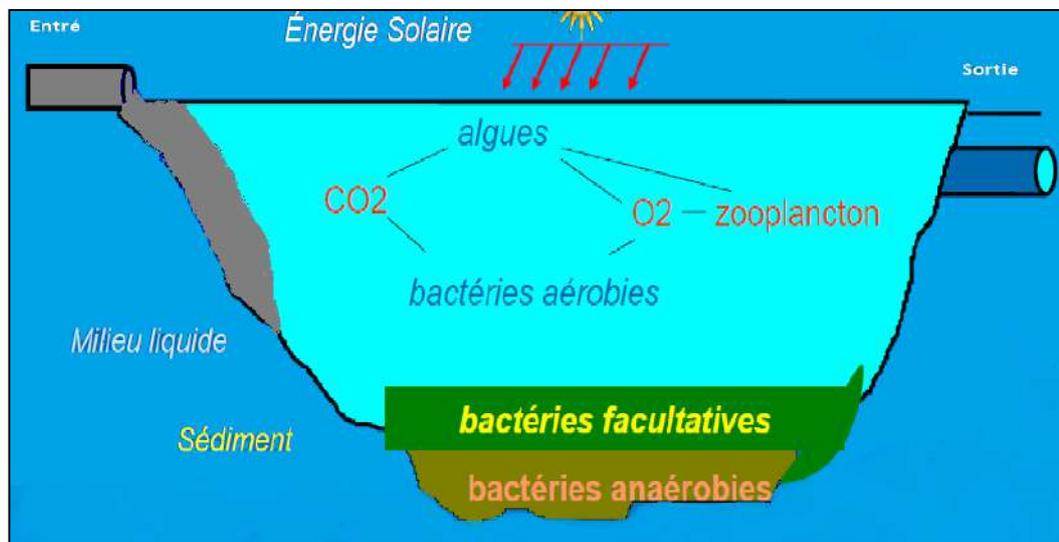


Figure II. 2: Réactions de symbiose algues-bactéries dans le bassin facultatif [35]

. Lagunes de maturation :

Bassins peu profonds, environ 1 m, caractérisés par une charge en matière organique à faible concentration. Le temps de séjour est de 5 à 20 jours grâce à ce temps de séjour prolongé et l'exposition au soleil, une élimination des organismes pathogènes est effectuée. [35]

II.2.2.2.Lagunage aéré

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre. L'oxygénation est apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée).

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 (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

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. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage (figure II.3). [36]

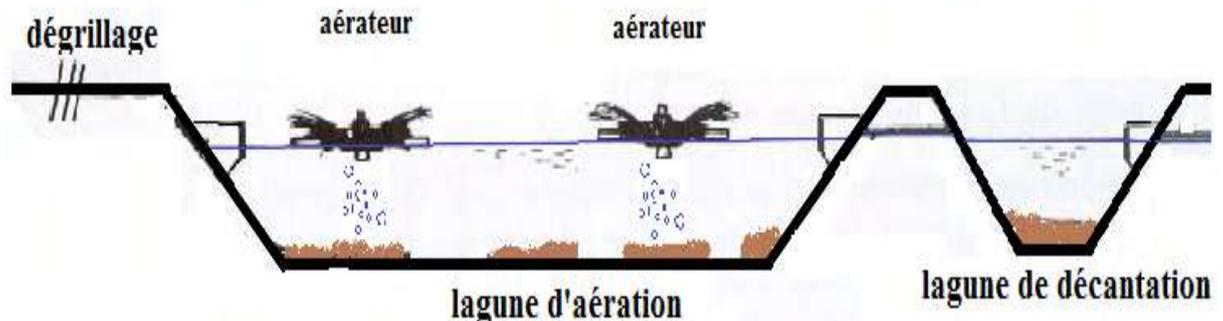


Figure II. 3: Système d'aération dans le lagunage aéré [35]

□ On distingue deux formes de lagunages aérées :

- **Lagunage aéré strictement aérobies**

Il faut une aération suffisante pour maintenir le bassin en aérobiose et l'ensemble des particules en suspension [63]

- **Lagunage aérées aérobie/anaérobie facultatif**

Il ya formation de dépôt qui évolue en milieu anaérobie.

Le premier cas est très utilisé car il est un grand consommateur d'énergie.

La seconde solution est rencontrée plus fréquemment : Elle s'apparente au lagunage naturel par l'épuration des eaux usées par échange eau/sédiment.

Le lagunage aéré est reconnue comme un procédé d'épuration efficace notamment au niveau des charges oxydable (90%) [63]

II.2.2.2.1. Systèmes d'aération

La qualité d'un système d'aération est évaluée, d'une part, par sa capacité d'oxygénation et d'autre part, par l'énergie nécessaire pour dissoudre un kg d'oxygène. La capacité d'oxygénation est par définition la quantité d'oxygène fournie en une heure à l'eau

- ✓ les dispositifs d'injection d'air sur pressé à fines bulles (diffuseurs poreux à haut rendement d'oxygénation: 12 %), à moyennes bulles (diffuseurs à clapets) ou à grosses bulles (diffuseurs à larges orifices) à faible rendement d'oxygénation: 5 %.



Bassin aéré par diffusion d'air



Suppresseur d'air dans un bassin aéré

Photo II. 1: Aération par diffusion d'air [37]

- les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes:
 - ✓ aérateurs à axe vertical à faible vitesse, aspirant l'eau par le fond et la rejetant directement à l'horizontale
 - ✓ aérateurs à axe vertical à grande vitesse (1000 à 1800 tr mn⁻¹).
 - ✓ aérateurs à axe horizontal permettant l'oxygénation par pulvérisation d'eau dans l'air.
- [37]



Photo II. 2: Différents types de mobiles d'aération/agitation [37]

II.2.3. Les organismes vivants dans les bassins de lagunages et leur rôle dans l'épuration des eaux usées

Les bassins de lagunage sont colonisés naturellement par une grande variété d'organismes vivants, pour la plupart invisibles à l'œil nu.

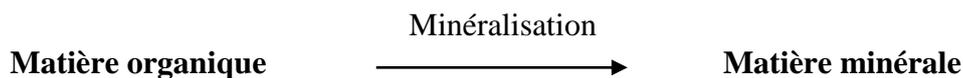
II.2.3.1. La minéralisation par les bactéries

Les eaux usées débrassées des gros objets et des graisses passent alors dans le premier bassin dans une station de lagunage. Dans ce bassin, l'élimination des déchets passe par deux voies :

La **voie physico-chimique** : naturellement des réactions chimiques ont lieu dans l'eau entre des différents éléments minéraux déjà présents. Ces réactions tendent vers une certaine neutralité entre les différents composés.

La **voie microbiologique** : c'est le moyen le plus efficace où les déchets organiques sont progressivement dégradés par les bactéries.

Ce sont les bactéries qui jouent le rôle principal dans l'épuration des eaux en éliminant la matière organique par un processus connu sous le nom de **minéralisation**



Cette minéralisation de la matière organique par les différentes bactéries permet la production d'eau, des sels minéraux (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) et de gaz (CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 ...) qui vont progressivement se diriger vers le second bassin.[39]

II.2.3.1.1.Mémento sur les bactéries [39]

II.2.3.1.1.1. Définition

Ce sont des micro-organismes unicellulaires et procaryotes (une seule cellule sans noyau). Généralement, par une simple division cellulaire qu'elles se reproduisent et sont capables de résister à des conditions défavorables sous forme des spores. Présentes sur le globe depuis 3.5 milliards d'années, les bactéries sont les plus anciennes formes de vie mais aussi les plus abondantes car ayant réussi à coloniser tous les milieux.

On pourra trouver des bactéries généralistes ou des bactéries hyperspécialisées, certaines espèces dégradent des matières organiques brutes et complexes, alors que d'autres dégradent des déchets organiques très simples (sucre, acides organiques...) d'autres ne minéralisent que les éléments d'une seule famille chimique (Azote, Phosphore...) et d'autres enfin ne peuvent vivre que dans certaines conditions de température, de pH, d'oxygène dissous, de salinité... ou de qualité de l'eau.

II.2.3.1.1.2. Les bactéries exogènes

Ce sont les bactéries qui arrivent avec les effluents. Elles sont de bons indicateurs de la pollution microbiologique. Malgré une très grande diversité, certaines de ces bactéries peuvent être pathogènes (c'est-à-dire porteuses de maladies).

II.2.3.1.1.3. Les bactéries endogènes

Elles se présentent naturellement dans les bassins grâce à l'ensemencement naturel, vont jouer un rôle pour dégrader la matière organique.

On distingue alors trois types de bactéries endogènes dans les bassins.

- Les bactéries anaérobies strictes

Elles vivent enfouies dans les sédiments ou, dans une profonde tranche d'eau désoxygénée. Elles n'utilisent pas le processus de la respiration (l'oxygène est un poison pour leur métabolisme) mais celui de la fermentation. La minéralisation est alors caractérisée par une forte production de gaz souvent malodorant

-Les bactéries aérobies strictes

Elles ont obligatoirement besoin d'oxygène pour respirer. Elles sont alors présentes dans la tranche d'eau bien oxygénée et dégradent la matière organique dissoute présente en suspension. L'oxygène nécessaire à leur métabolisme est naturellement présent dans l'eau, grâce aux échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère et grâce à la forte production d'oxygène du phytoplancton.

-Les bactéries aérobies et anaérobies facultatives

Elles sont moins exigeantes envers le taux d'oxygène dissout. Certaines tolèrent des variantes alors que d'autres vivent insensiblement quelque soit l'oxygénation de l'eau. La répartition de ces bactéries est relativement homogène sur toute la tranche d'eau avec des concentrations plus importantes aux zones les plus favorables pour chaque espèce.

II.2.3.2. Les algues microscopiques (microphytes)

Ces organismes sont soit planctoniques (dispersés dans la masse d'eau) soit périphytiques (fixés sur des supports immergés) ou épipéliques (déposés à la surface des sédiments).

Ils sont représentés dans les lagunes essentiellement par les groupes suivants :

- algues bleues (cyanophycées) plus proches des bactéries que des algues.
- algues vertes (chlorophycées).
- algues brunes (chrysophycées, diatomées). [40]

II.2.3.3. Les zooplanctons

Le rôle du zooplancton est d'assurer la finition de l'épuration des eaux. Les zooplanctons jouent un rôle important comme consommateurs de micro-algues, et donc comme régulateurs de ces populations phytoplanctoniques. [21]

II.3. Traitement des eaux usées par filtre planté de roseaux

II.3.1. Historique

La technologie de traitement des eaux usées en utilisant des plantes est apparue en Europe d'Ouest basée sur une recherche de SEIDEL qui a commencé durant les années soixante (1960), et par KICKUTH à la fin des années soixante-dix (1970) et dernièrement durant les années quatre-vingt (1980). Des travaux avancés ont commencé aux Etats Unies au début des années quatre-vingt (1980) avec la recherche de WOLVERTON, GERBERGET. [41]

II.3.2. Définition et principe de base

Les filtres plantés consistent à faire circuler des eaux usées au travers des racines de végétaux qui, en association avec le sol et les microorganismes, sont capables d'absorber les éléments minéraux issus de la décomposition de la matière organique, mais aussi d'autres catégories de polluants

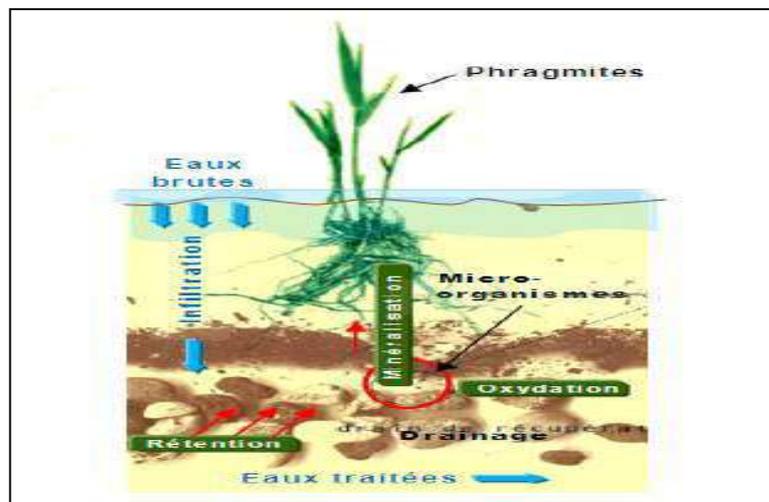


Figure II. 4: Principe de fonctionnement des filtres à macrophyte [38]

Son principe est s'agit d'infiltrer l'effluent d'eau usée, d'origine généralement, domestique à travers des lits composés de terre ou d'un mélange de sables et de graviers et plantés de macrophytes. Les roseaux (*Phragmites australis*) par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de leurs racines et rhizomes, sont les plantes les plus utilisés. L'eau usée amenée sur le lit filtrant est traitée par la flore bactérienne du milieu granulaire dont le développement pérenne est favorisé par la présence des macrophytes. Donc,

ce sont les plantes, les microorganismes et le matériau filtrant, les trois composantes principales qui ont un rôle majeur dans ce procédé de traitement naturel. Le rôle de chacune des composantes est souvent plus important dans un contexte synergique avec les autres composantes que prises individuellement. [38]

II.3.3. Filtres plantés de roseaux

Les zones humides ou marais artificiels peuvent être classées selon différents critères :

D'après les végétaux dominants ou d'après le fonctionnement hydraulique du système utilisé

- Ecoulement de surface ou écoulement à surface libre (ex. : lagunes)
- Ecoulement souterrain (sous la surface des granulats)
 - Filtre à écoulement vertical
 - Filtre à écoulement horizontal [42]

II.3.3.1. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal

Les eaux usées sont acheminées à une extrémité du lit planté et s'écoulent sous la surface ou très près de cette dernière de façon horizontale pour être captées à l'autre extrémité du lit. Ces unités fonctionnent en conditions saturées et aérobies en partie supérieure. L'oxygène est apporté par diffusion à travers la surface grâce aux végétaux, cependant, en partie inférieure, les conditions sont saturées et anoxiques [38]

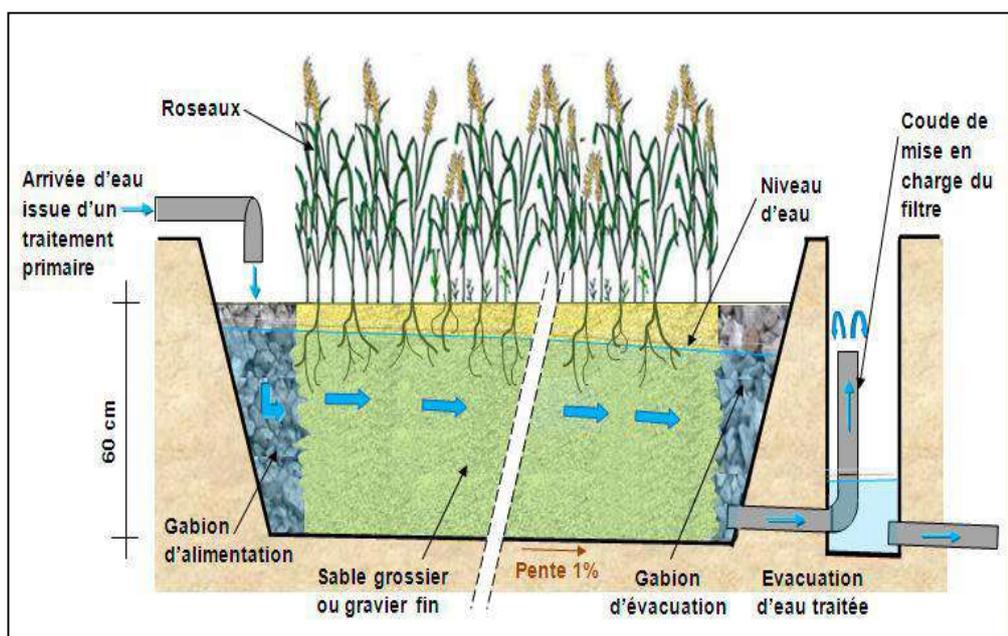


Figure II. 5 : Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal [38]

II.3.3.2. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

Les eaux usées acheminées à la surface de ces unités percolent de façon verticale à travers le média filtrant jusqu'au fond où une série de conduites récoltent les eaux traitées. Elles sont souvent alimentées de façon intermittente pour réduire le colmatage du filtre, grâce à la minéralisation de la matière organique accumulée pendant les phases de repos.

C'est le type de filtres le plus utilisé en vue de ces avantages. En effet, il a le pouvoir d'être alimentés en eaux brutes (sans traitement primaire), ce qui évite à l'exploitant de gérer des boues primaires non stabilisées. De plus, c'est un dispositif susceptible d'atteindre un bon niveau de performances épuratoires, spécialement pour les matières organiques et particulaires et l'azote ammoniacal. [38]

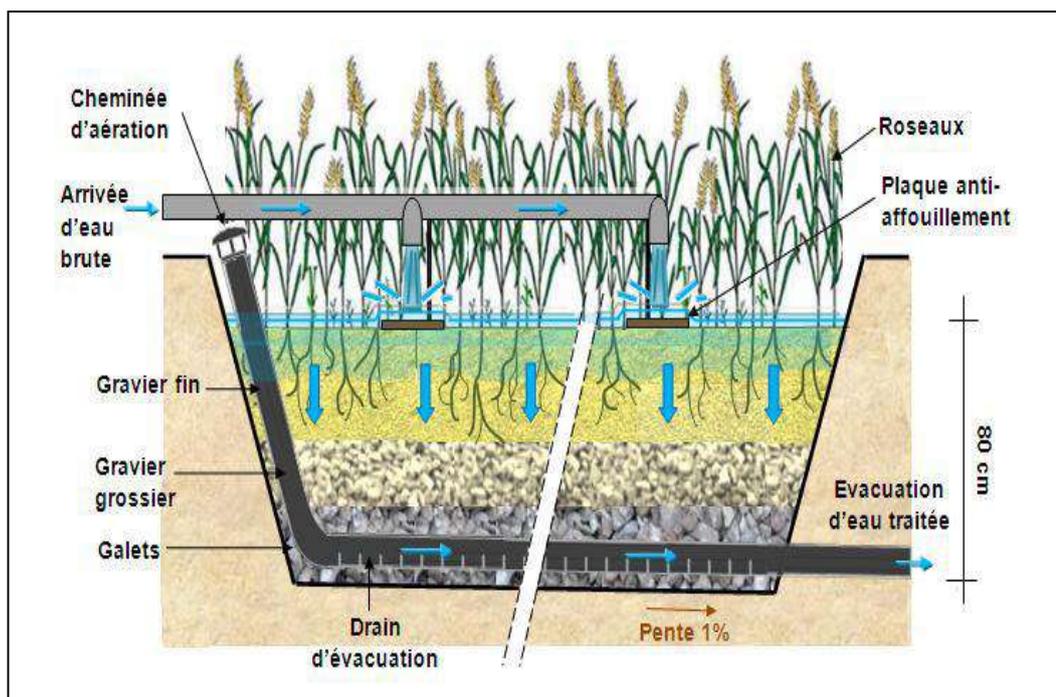


Figure II. 6: Coupe transversale d'un filtre à écoulement vertical [38]

II.3.4. Choix entre les deux filtres plantés de roseaux

Ces deux dernières filières, bien que regroupées sous le même terme de « traitement biologique par cultures fixées sur support fin », ou « lit planté de roseaux » sont dimensionné

et fonctionnent de manière complètement différente. Leurs performances respectives sont décrites dans le Tableau(II.1).

Tableau II. 1:Synthèse des performances des FPRv et FPRh. [42]

Type de pollution à traiter	Filtre planté de roseau à écoulement horizontal (FPRh)	Filtre planté de roseau à écoulement vertical (FPRv)
MES	Bon si traitement primaire	Très bon à excellent (sauf période de démarrage du filtre et 1ères bâchées après la période de repos)
Oxydation matière organique (DBO5 – DCO)	Insuffisant à bon si traitement primaire	Excellent
Oxydation pollution azotée : Nitrification	Mauvais	Très bon
Dénitrification	Très bon	Mauvais, sauf si présence d'une recirculation et/ou d'une zone saturée en fond de filtre

La majorité des filtres plantés de roseaux construits sont de type à écoulement vertical sur deux étages, car ils présentent l'avantage :

- d'être alimentés en eaux brutes sans traitement primaire
- de constituer un dispositif rustique susceptible de fournir un bon niveau de traitement par réduction de la pollution dissoute et particulaire et par l'oxydation de la pollution azotée. [41]

II.3.5.La plante épuratrice utilisée

Plusieurs plantes ont été utilisées dans le processus de filtre planté, mais les espèces les plus utilisées sont celles supportant des conditions hydriques en excès ou se développant en bordures des cours d'eau; souvent des : phragmites (roseaux), typha, jonc, massette, bambousetc.

Le choix des végétaux à planter comporte cinq critères importants : adaptation aux conditions climatiques locales, durée du cycle de végétation, vitesse de croissance, facilité d'exportation de la biomasse produite et efficacité d'épuration.

Notre travail est basé essentiellement sur la plante : le *Phragmites australis* (roseau) [25]

II.3.5.1. Le *Phragmites australis* (roseau)

❖ Définition

Herbe géante, couramment appelé roseau commun ou *Phragmites australis*, était antérieurement aussi nommé Phragmite communis, c'est une espèce cosmopolite et très polymorphe, appartient à la famille des Poacées (Graminées), classé dans la tribu des Festucées, affectionne particulièrement les milieux humides non boisés, mais elle peut fort bien croître sur un sol sec. Le roseau se propage essentiellement de manière végétative par le biais de rhizomes et de stolons et lorsqu'il s'installe dans un nouveau site, il peut donc, si les conditions lui sont favorables, envahir très rapidement une grande superficie et former des colonies particulièrement denses pouvant atteindre 325 tiges par mètre carré avec une hauteur de 4 mètres. Les terrains occupés par le phragmite sont appelés roselières. La présence marquée du phragmite laisse croire qu'il est une plante opportune dans l'épuration des eaux usées ayant libre cours dans l'environnement.



Photo II. 3 : *Phragmite australis* (roseau) [43]

❖ Avantages

Le *Phragmite australis* (roseau) est la plante la plus couramment utilisée dans le domaine de l'épuration des eaux usées par filtres plantés de macrophytes à cause de sa possession de nombreux avantages :

- Parfaite adaptation aux conditions hydriques d'exploitation des filtres plantés.
- Bon transfert de l'oxygène depuis les parties aériennes jusqu'aux rhizomes et aux racines, favorisant ainsi le développement des bactéries dans leur entourage ;
- Infiltration favorisée par le développement des tiges autour desquelles l'eau percole, et donc le risque de colmatage des filtres est réduit.
- Facilité d'adaptation aux altitudes (sauf la haute montagne) et aux climats très divers.
- protection contre le gel car la végétation tombe et couvre le filtre (isolation thermique).
- Pas d'entretien particulier.
- Rôle dans l'intégration paysagère [43]

II.3.6.Rôle de différents composants de filtre

❖ **Rôle de matériau de remplissage**

Les filtres sont constitués des couches superposées de granulométrie croissante avec la profondeur. [44]

Tableau II. 2: Le rôle des différentes couches.

Les couches	Le rôle
La couche filtrante (Sable)	<ul style="list-style-type: none"> • Support à la vie épuratoire (aération du substrat). • Retenir les matières en suspension (MES) formant des boues.
La couche de transition (Membrane)	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter la migration du sable vers la couche inférieure
La couche drainante (Gravillon, gravier, moellons)	<ul style="list-style-type: none"> • Drainage et évacuation de l'eau traitée

❖ **Rôle de roseau (macrophyte)**

Les roseaux ont un système racinaire très développé. Ses racines, spécialisées dans l'absorption de l'eau et des sels minéraux contenus dans le sol, accumulent des réserves et

Au cours des processus d'absorption, les racines libèrent des enzymes, utilisables par les micro-organismes. L'intense réseau racinaire favorise donc la fixation des bactéries épuratrices sur les rhizomes. Elles abritent donc une flore bactérienne importante, qui dégrade la matière organique.

Cette partie du sol où des organismes vivants sont associés, est appelée la rhizosphère.

L'activité microbienne au niveau de cette rhizosphère dépend de différents facteurs, comme la teneur en eau et en oxygène. Les bactéries fixées au niveau de cette rhizosphère sont aérobies elles ont besoin d'oxygène pour dégrader la matière organique.

Les oscillations des roseaux, sous l'action des vents, entraînent un mouvement des tiges et racines dans la masse des boues et au sein du massif. Ainsi, les boues ne risquent pas de colmater les lits filtrants. [67]



Photo II. 4: Illustration du rôle mécanique des végétaux sur les Lits de séchage de boues plantés de roseaux. (67)

❖ Rôle des micro-organismes

Particulièrement proliférantes en milieu humide, les bactéries se nourrissent des matières dont sont chargés les eaux usées. Véritables « ciseaux biologiques » elles les transforment

en molécules inoffensives. La dégradation de la matière organique et la dénitrification d'azote dans la région des racines des plantes où s'effectue le traitement est médiaturé par les microorganismes. L'émission d'oxygène par les racines des macrophytes crée des zones oxydées autour des racines. La plupart du contenu organique des eaux résiduaires est décomposé en dioxyde de carbone (CO_2) et eau dans ces zones en utilisant l'oxygène comme dernier accepteur d'électrons. En plus l'ammoniaque est oxydée en nitrates par bactéries nitrifiantes dans ces zones. A une distance des racines de surface l'oxygène libre réduit, mais les nitrates restent présentes (la zone anoxique). Ici la dégradation de la matière organique peut avoir lieu par bactéries dénitrifiantes. Par ces processus les nitrates sont convertis en azote (N_2), qui s'évapore vers l'atmosphère. [25]

II.4. Les facteurs influençant le pouvoir épuratoire

L'efficacité des bassins dépend de plusieurs facteurs qui sont d'ordre climatique. Chimique et physique.

II.4.1. Les facteurs climatiques

Les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans l'épuration par lagunage car cette technique de traitement est soumise à l'action des agents atmosphériques, qui influent directement sur la vitesse de dégradation de la charge organique et le développement bactérien

❖ Radiation solaires

Elles constituent le principe source de chaleur dans la lagune en favorisent la dégradation de la matière organique. Ces radiations solaires sont indispensables à la photosynthèse. L'aération de surface joue un rôle minime dans la livraison d' O_2 aux organismes aérobies. La grosse part d' O_2 est fournie par les algues, qui ne peuvent produire de l' O_2 qu'en présence de lumière adéquate. [45]

❖ Température

La température est un facteur très important aussi, elle agit directement sur la vitesse des réactions biologique. L'activité biologique du milieu est plus importante autant que la

température augmente. L'optimum se situe autour de 25°C. Il y a une forte croissance algale au temps que la température de l'eau atteint 20°C. [45]

❖ **Le vent**

Le vent est un facteur non négligeable, car il joue un rôle important dans la répartition de la température et de l'oxygène dissous dans la phase eau et évite ainsi la stratification. Il permet également le renouvellement de la pellicule d'air située immédiatement au dessus de la surface d'eau évaporant et collabore aux échanges d'azote sous forme de N₂ ou de NH₃. [45]

❖ **Evaporation**

Dans la période estivale l'épuration est très intense en particulier dans les régions sahariennes. Elle peut diminuer le volume des effluents traités et augmenter leur charge. [21]

II.4.2.Les facteurs physiques

❖ **La forme des bassins**

La forme de bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents et éviter aussi les zones mortes. [45]

❖ **Le volume des bassins**

Le volume de bassin permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée. [21]

❖ **La profondeur des bassins**

La profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse Les lagunes profonds sont utilisés pour assurer d'une façon adéquate le transfert d'oxygène et de permettre la décomposition anaérobie suite à une zone de sédimentation à la base de la lagune. [45]

❖ Temps de séjour

C'est la période du temps où l'eau doit rester dans les bassins pour être traitée. Plus ce temps est important, plus la qualité de traitement est en principe meilleure. [21]

L'efficacité d'un traitement par lagunage dépend étroitement du temps de séjour qui est plus long en hiver qu'en été (période favorable avec la conjugaison de la lumière et de la température). [45]

II.4.3. Les facteurs chimiques**❖ Le pH**

Le pH est un paramètre très important pour le pouvoir épuratoire. Un milieu très alcalin ou très acide ne peut être toléré puisqu'il y a une limite de tolérance imposée par les micro-organismes. [45]

❖ La charge organique

La charge organique a son poids dans le pouvoir épuratoire. Il faut la choisir de façon à répondre aux exigences des micro-organismes sans dépasser le seuil de surcharge ou un manque de charge. [45]

❖ La composition en sels minéraux

Cette composition doit être suffisante afin d'assurer aux végétaux une croissance normale, tout excédant peut provoquer des inhibitions. [45]

II.5. Comparaison entre le lagunage aéré et le Filtre planté de roseaux**II.5.1. Temps de séjour**

Le temps de séjour dans le lagunage aéré est très élevé (peut aller jusqu'à 20 jours) par rapport au Filtre planté de roseaux (quelques jours).

II.5.2. Superficie

La superficie nécessaire dans le lagunage aéré est très importante par rapport au Filtre planté de roseaux.

III .5.3. Consommation d'énergie

Il n'y a pas de consommation d'énergie pour le Filtre planté de roseaux, par contre dans les lagunes aérées une consommation d'énergie pour l'aération est obligatoire.

II.6. La réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers de projets utilisant des eaux usées, mais dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé. [5]

II.6.1. Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie

Actuellement l'Algérie se penche vers cette technique et sa réutilisation en agriculture. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants est estimé à 58 300 m³ par an. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare. Un vaste programme consiste à réutiliser les eaux usées épurées en aménageant des périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune. Le potentiel de cette ressource est estimé à 750 millions de m³ et atteindra le volume de 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Le nombre de STEP en cours d'étude et de réalisation est de 12 pour l'irrigation de plus de 8 000 hectares (ha) de terres agricoles. [5]

II.6.2. Avantages de la réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées permet de fournir des quantités d'eau supplémentaires et d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et une protection de l'environnement. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisants, notamment l'azote, le potassium et le phosphore incite les agriculteurs à les utiliser. [5]

II.6.3. Risques liés à la réutilisation des eaux usées

Les eaux usées sont soumises à diverses sources de contaminants, limitant ainsi leur potentiel de réutilisation. Elles peuvent contenir un grand éventail de constituants biologiques,

organiques et inorganiques, dont certains peuvent être nocifs pour la santé et la sécurité des êtres humains en fonction de leur concentration et de la durée d'exposition. Les risques liés à la réutilisation des eaux usées sont □ Le risque microbiologique, Le risque chimique et Le risque environnemental.

❖ **Risque microbiologique**

La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses, essentiellement, les pathogènes entériques. Les fèces des personnes et des animaux infectés représentent la source principale des pathogènes présents dans les eaux usées. [5]

❖ **Risque chimique**

Il est lié aux éléments traces. La seule voie de contamination préoccupante pour les éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. L'accumulation des micropolluants dans les plantes est plus problématique, quoique certains de ces micropolluants soient d'intérêt en tant que facteurs de croissance des végétaux. Le compromis entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique doit être trouvé. [5]

❖ **Risque environnemental**

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface. Les sols qui ont une bonne capacité de rétention assurent une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps. La capacité d'épuration des sols est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), par la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et par l'exportation par les végétaux. Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. Les nappes captives sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou un autre aquifère pollué. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque.

Les bactéries, les protozoaires et les helminthes sont très rapidement éliminés, par les phénomènes d'adsorption et de compétition trophiques selon les mêmes processus des traitements par percolation/infiltration. Seuls les virus posent des problèmes. [5]

II.7.Conclusion

En résumé, les deux techniques d'épuration (lagunage et Filtre planté de roseaux) présentes des multiples avantages pratiques et économiques par rapport aux techniques d'épuration classiques. Ces avantages prennent toute leur importance lorsqu'il s'agit d'un pays en développement où le manque de moyens humains et matériels reste encore très important. C'est les raisons pour lesquelles les pouvoirs publics algériens optent de plus en plus pour le recours à la technique de lagunage et Filtre planté de roseaux, moins coûteuse et mieux adaptée au contexte du pays.

A Ouargla, c'est cette solution qui a été mise en œuvre et qui constitue l'essentiel du travail réalisé dans le cadre de notre mémoire de fin d'études.

Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Introduction

Il est nécessaire de bien connaître la région et la zone d'étude afin de déterminer et cerner les principaux facteurs influençant le traitement des eaux usées, et de ce fait la qualité des eaux épurées. Ainsi, on s'intéressera à l'environnement du site : situation géographique, conditions climatiques, ..., ainsi qu'aux caractéristiques des eaux usées à traiter. D'autant plus que, c'est en fonction de ces derniers, que se fait le choix même de l'implantation de station d'épuration.

III.2. Présentation de la région d'étude**III.2.1. 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. [70]

La province de 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 oasis du Sahara Algérien, elle se situe approximativement à 800 Km de la capitale Alger. [7] est limitée par :

- Biskra, Djelfa et El oued : au nord.
- Illizi et Tamanrasset : au sud.
- Ghardaïa : à l'ouest.
- Tunisie et El oued : à l'est. [47]

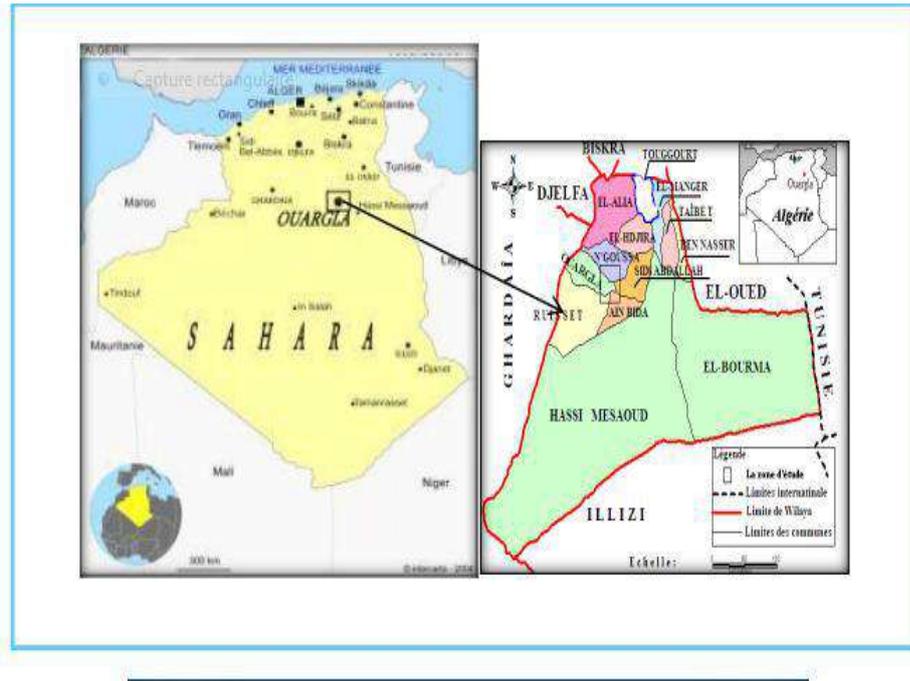


Figure III. 1: La carte géographique de Ouargla [7]

III.2.2. Les données climatiques de la région d’Ouargla(2019) [64]

Ouargla est caractérisées par un climat saharien avec une pluviométrie très réduit, des températures élevées et une forte évaporation.

III.2.2.1. La température

Dans les milieux aquatiques, la température est plus tamponnée, mais il peut exister unestratification verticale qui résulte en partie de l’action du vent.

Les plantes ont des exigences thermiques différentes et qu’en gros il y a des plantes qui sont adaptées et se développent bien dans les pays plutôt froids ou tempérés et que d’autres d’origine tropicale préfèrent les régions méditerranéennes ou chaudes, la même façon que certaines plantes se développent en hiver et au printemps et que d’autres préfèrent le printemps et l’été. [41]

Tableau III. 1: Températures (Moy) mensuelles à Ouargla pour l’année 2019

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T moy (°C)	10.8	12	16.9	23.2	26.7	35.3	37.4	36.9	31.8	24.2	16.2	13.8

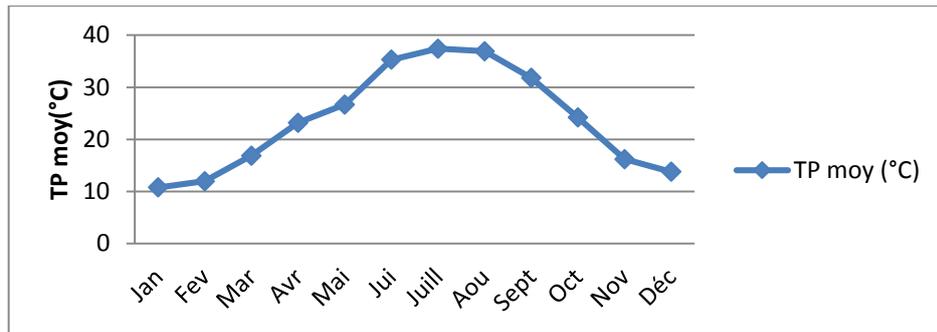


Figure III. 2 : Température moyenne mensuelles à Ouargla(2019)

A partir de la figure(III.2), nous observons que la température moyenne maximale du mois le plus chaud est atteinte en juillet avec **37.4 °C** et la température moyenne minimale du mois le plus froid est atteinte en janvier avec **10.8 °C**.

III.2.2.2.Précipitations

Généralement, il pleut rarement à Ouargla, les précipitations sont irrégulières entre les saisons et les années. Le cumul moyen annuel de (2019) est de 25.41 mm. La période pluvieuse de l'année est très restreinte, elle est de 2 à 3 mois, par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année (Tableau III.2).

Tableau III. 2: Précipitations moyenne mensuelle en (mm) à Ouargla pour l'année 2019

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	0	0	4.07	13.97	3.81	0	0	0	1.53	2.03	0	0

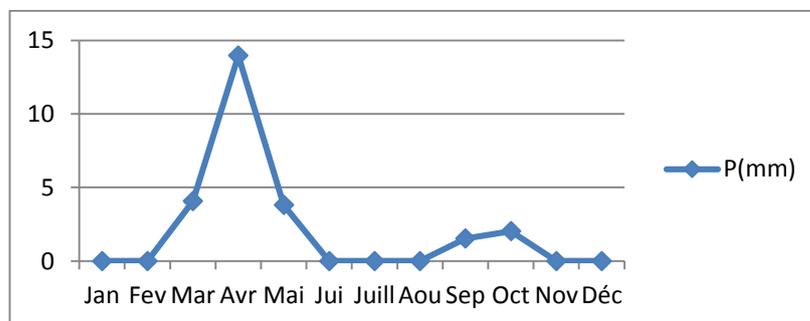


Figure III. 3 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à Ouargla (2019)

D’après la figure(III.3) la région de Ouargla est caractérisée par des précipitations les plus élevés sont enregistrées au mois de Avril (13.97 mm), et les plus faibles au mois de Janvier, Février, Juin, Juillet, Août, Novembre et décembre (0 mm).

III.2.2.3.L’humidité relative

L’humidité de l’air est définie comme la quantité de vapeur d’eau contenue dans un certain volume d’air, exprimée en grammes par m³. Cette quantité est fonction de la température, on exprime souvent l’humidité de l’air en % par rapport à l’humidité à saturation : on parle alors d’humidité relative. [41]

Tableau III. 3: Humidité relative moyenne en pourcentage pour l’année 2019

MOIS	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité relative (%)	40.8	45	33.5	25.9	25	13.9	13.8	17.8	27.5	35.8	37.3	46.7

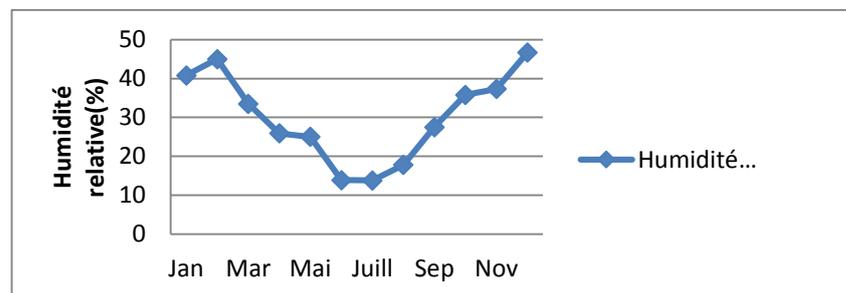


Figure III. 4: Humidité relative moyenne en pourcentage pour l’année 2019

Les données caractérisant l’humidité relative de la région de Ouargla durant l’année sont reportées dans la figure(III.4).

A travers ces données, nous pouvons y lire que l’humidité a atteint son maximum au mois de Décembre avec un pourcentage de 46.7%, et un minimale pour le mois de Juillet pour un pourcentage de 13.8 %.

III.2.2.4.Vent

Les effets du vent dans les milieux aquatiques sont nombreux, d’une part, il y a augmentation de la turbidité et réduction de la pénétration de la lumière, ce qui limite la croissance des macrophytes et les microphytes. D’autre part, la déstabilisation du fond liée à l’action du vent est peu propice au développement de la faune benthique. [41]

Tableau III. 4 : La vitesse du vent enregistrée en m/s pendant l’année 2019

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent (m/s)	2.86	3.83	4	4.13	4.47	4.86	3.61	3.7	3.55	2.88	3.05	2.86

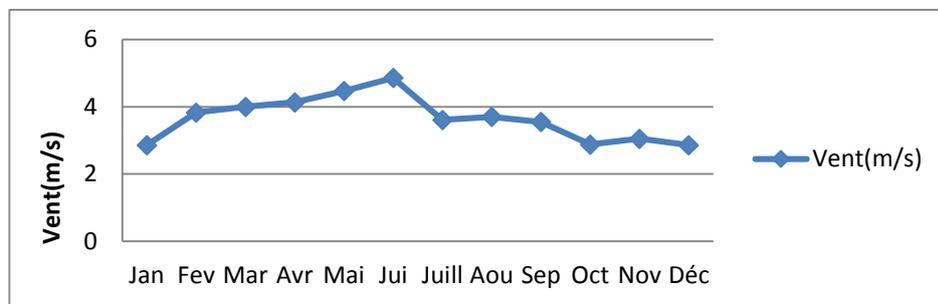


Figure III. 5: La vitesse du vent enregistrée en m/s à Ouargla(2019)

D’après la figure(III.5), on remarque que la vitesse maximum du vent a été enregistrée dans le mois de Juin avec une moyenne de 4.86 m/s et le minimum est enregistré en mois de Janvier et décembre avec une vitesse de 2.86 m/s.

Dans la région de Ouargla , les vents soufflent durant toute l’année, le maximum de force des vents est enregistré en fin d’hiver et au printemps. Les vents de sable sont fréquents en Mars et Avril. (Figure III.5)

III.2.2.5.Evaporation

L’évaporation est très importante surtout lorsqu’elle est renforcée par les vents chauds, tableau(III.5)

Tableau III. 5: moyennes de l'évaporation à Ouargla de l'année 2019

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Evap (mm)	113.6	132.6	202.7	283.1	328.6	435.3	499	403.9	282.4	206.2	150.4	128.7

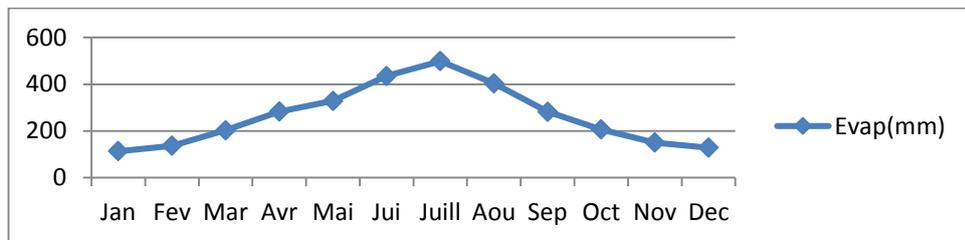


Figure III. 6: moyennes de l'évaporation à Ouargla de l'année 2019

Le cumul est de l'ordre de 3166.5 mm/an, avec un maximum mensuel de 499 mm au mois de juillet (mois le plus chaud de l'année) et un minimum de 113.6 mm au mois de Janvier (Tableau 10).

III.2.2.6. Insolation

L'une des caractéristiques du climat saharien est l'importance d'heure d'insolation, l'atmosphère présente grande pureté durant toute l'année.

Tableau III. 6: Le nombre d'heures d'insolation pour l'année 2019

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Ins (h)	256.2	226.6	245.7	304.2	320.1	234.2	306.1	316.2	259.8	273.9	242	228

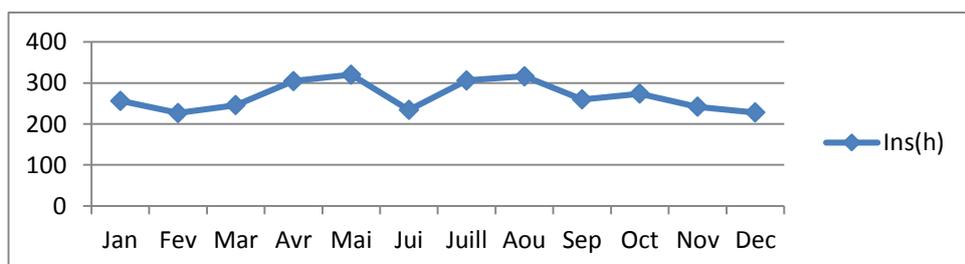


Figure III. 7: Le nombre d'heures d'insolation pour l'année 2019

Le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est (267.74 heures) par mois, ce qui correspond environ 0.73 heures d'insolation par jour. Le phénomène est régulier, passant d'un minimum en février (2226.6 heures) à un maximum en mai (320.1 heures).

III.2.3. La situation de l'assainissement

Le réseau de l'assainissement urbain dans la ville d'Ouargla est du type unitaire, il couvre les trois communes d'Ouargla, Rouissat et Ain Beida.

La majorité des canalisations qui composent le réseau est à base de ciment (béton, amiante ciment). Leur diamètre varie de 150mm pour la canalisation secondaire à 1.800 mm pour les collecteurs principaux.

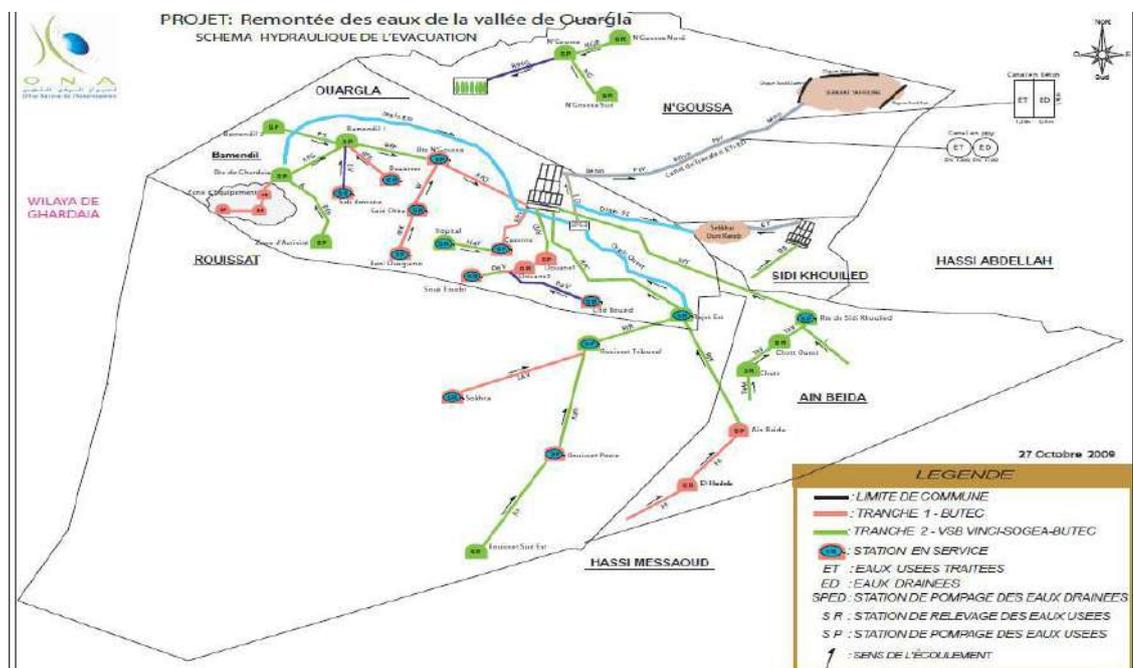


Figure III. 8: Le réseau d'assainissement de la ville de Ouargla (ONA, 2009)

III.3. Station d'épuration (STEP Saïd-Otba) : [47]

La ville de Ouargla dispose d'une station d'épuration par lagunage aéré depuis 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA et qui sert à réduire la pollution des eaux usées pour une éventuelle réutilisation en irrigation.

La station d'épuration des eaux usées par lagunage aéré de Ourgla situé dans le quartier de Saïd Otba au nord de la RN49 entre les deux branches du canal de drainage.

Selon l'ONA(2009), la station fonctionne sur la base des procédés de traitement biologique extensif par lagunage aéré. Elle est composée de 06 bassins de traitement dans les quelles la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne.

Les caractéristiques techniques de la station sont :

- Capacité : 260102 Eq/ha et 400 000 Eq/ha en 2030.
- Débit nominal : 56997 m³/j.
- Surface total 80 hectares.
- Nature du réseau : unitaires
- Nature des eaux usées : domestiques.
- Rejet : Sebkhet Sefione.

Les rendements épuratoires sont MES : 70%, DCO : 60%, DBO₅:65%.

Qualité des eaux usées traitées à la sortie de la station respecte les normes O.M.S.

- Paramètres organiques :

MES : 35mg/l, DCO : 125mg/l et DBO₅:28mg/l.

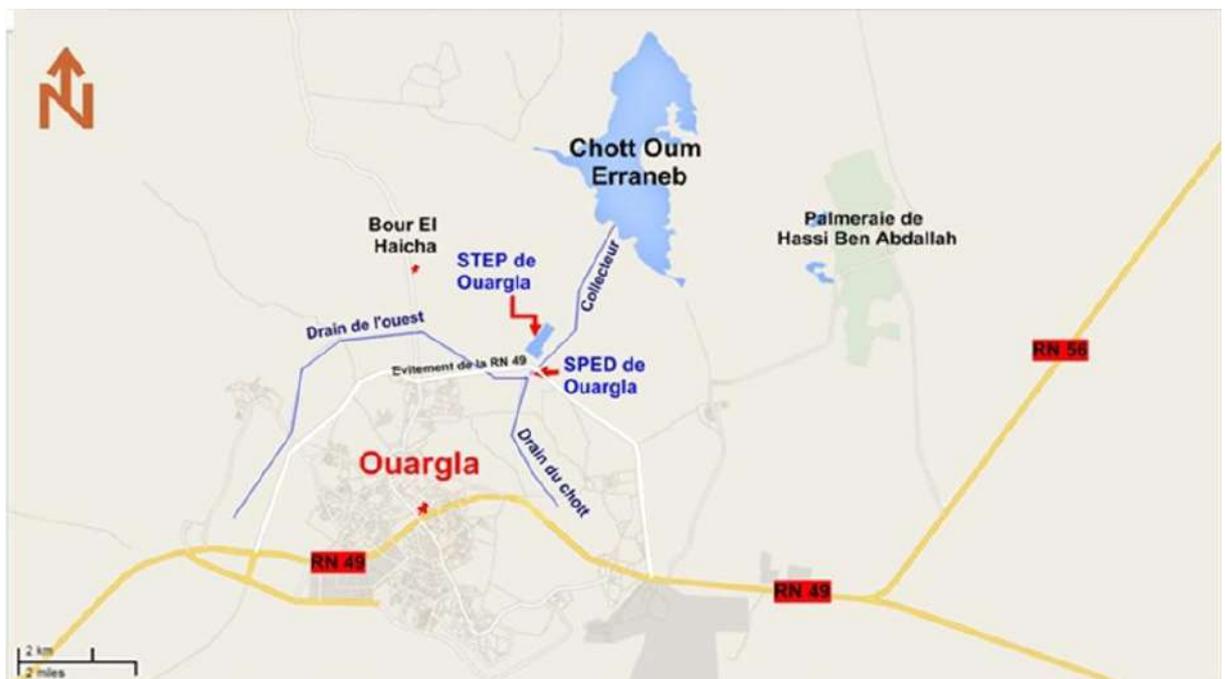


Figure III. 9 : Situation de la station d'épuration de Ouargla

III.3.1.L'objectif de traitement de la station [47]

- ♣ Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination des zones urbanisées.
- ♣ Protéger le milieu récepteur.
- ♣ Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- ♣ Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés pour une l'irrigation.

III.3.2. Données de base de la station [65]

La STEP (Saïd-Otba) de Ouargla est constitué de trois niveaux, chaque niveau est caractérisé par les démentions repérées dans le tableau(III.5).

Tableau III. 7: Données de base de la station (Saïd-Otba)

Station d'épuration Saïd Otba			
La surface totale	80 hectares		
	Premier niveau	Deuxième niveau	Troisième niveau
Nombre de bassins	4 bassins d'aération	2 bassins d'aération	2 bassins de finition
Volume total	340 800 m ³	227 200 m ³	148 054m ³
Volume par unité de bassin	85200m ³	113 600 m ³	74 027 m ³
Profondeur des bassins	3.5 m	2.8 m	/
Temps de séjour	7 jours	5jours	/
Nombre des aérateurs	12 dans chaque bassin	7 dans chaque bassin	/

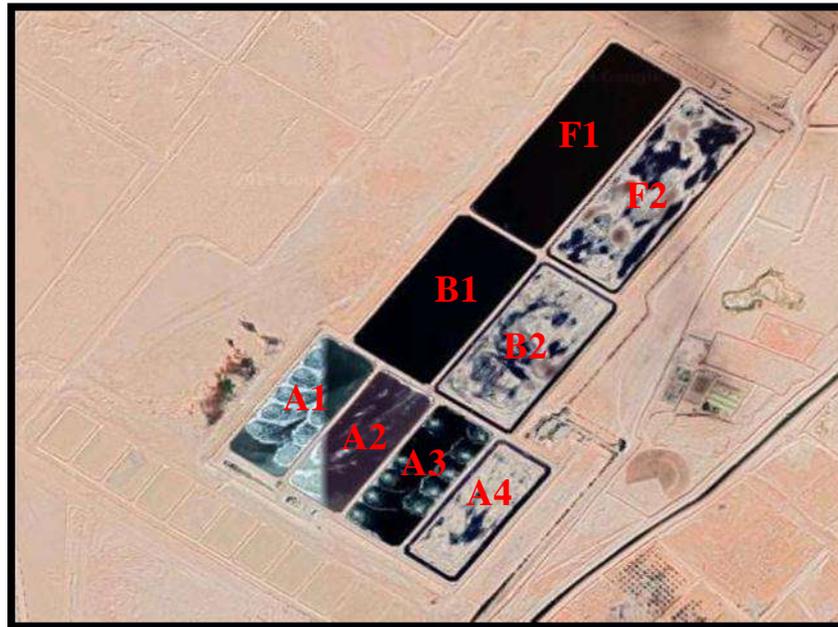
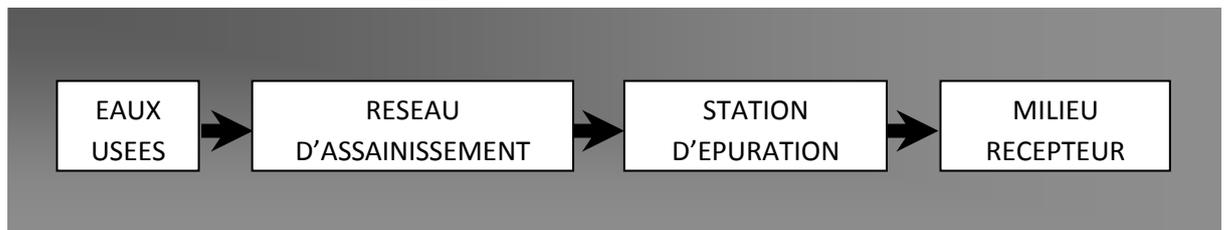


Figure III. 10: Schéma de la STEP de Saïd Otba

III.3.3. Principe de Traitement de la station

Les eaux brutes arrivent à la station par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. Les étapes par les quelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes



III.3.3.1. Arrivée de l'eau à la station [21]

Les eaux brutes arrivent à la station d'épuration par l'intermédiaire de quatre stations de refoulements.

- **Refoulement 01** : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de la station de pompage nœud hydraulique de Chott.
- **Refoulement 02** : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de la nouvelle station de pompage Caserne/Hôpital.

- **Refoulement 03** : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de la station de pompage Douane.
- **Refoulement 04** : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de SP route N'Goussa.

Ces conduites débouchent dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes. Cette opération permet d'évacuer le H₂S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement.

A partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

Un canal Venturi est placé à la sortie des ouvrages de prétraitement en vue de mesurer le débit d'entrée.



Photo III. 1: Entrée des eaux usées à la station

III.3.3.2. Traitement des eaux

Le débit admis au traitement suit la filière suivante

- Prétraitement (dégazage, dégrillage mécanisé, dessablage)
- Premier étage de lagunage aéré
- deuxième étage de lagunage aéré
- Lagunage de finition
- De lits de séchage des boues

III.3.3.2.1. Prétraitement

Après passage dans le regard de dégazage les eaux usées seront dirigées vers l'ouvrage de prétraitement. Cette phase de traitement consiste à éliminer les déchets grossiers et gênants pour le bon fonctionnement de l'installation.

- Le Prétraitement comporte les éléments suivants :



Photo III. 2: Prétraitement

➤ **Dégrillage**

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25mm).

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



Photo III. 3 : Dégrilleur

➤ **Dessablage**

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

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



Photo III. 4 : Dessableurs

➤ **Ouvrage de répartition**

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage (A1, A2, A3, A4)

Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque.



Photo III. 5: Répartiteur vers les bassins d'aération.

III.3.3.2.2. Traitement secondaire

A la suite de ces prétraitements, les eaux à trait subissent un traitement par le système de lagunage aéré.

Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

➤ **Lagunes d'aération**

Les bassins d'aération sont revêtus de géomembrane bitumineuse de type PHD (polyéthylène haute densité). Cette géomembrane est constituée par un liant bitumineux qui vient imprégner à cœur et surfacer un géotextile non tissé polyester. Le géotextile confère à la géomembrane ses propriétés mécaniques et le liant l'étanchéité.

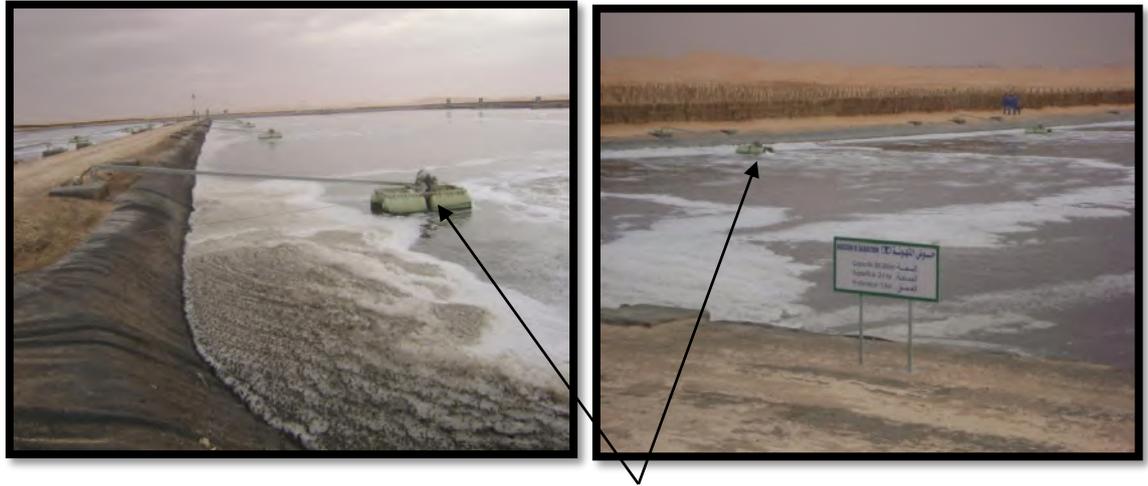


Photo III. 6 : Aérateurs

➤ **Lagune de finition**

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition. Le traitement de finition se met en œuvre après le traitement biologique. Son rôle est de réduire à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés. Il améliore ainsi la qualité de l'effluent clarifié.

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits.

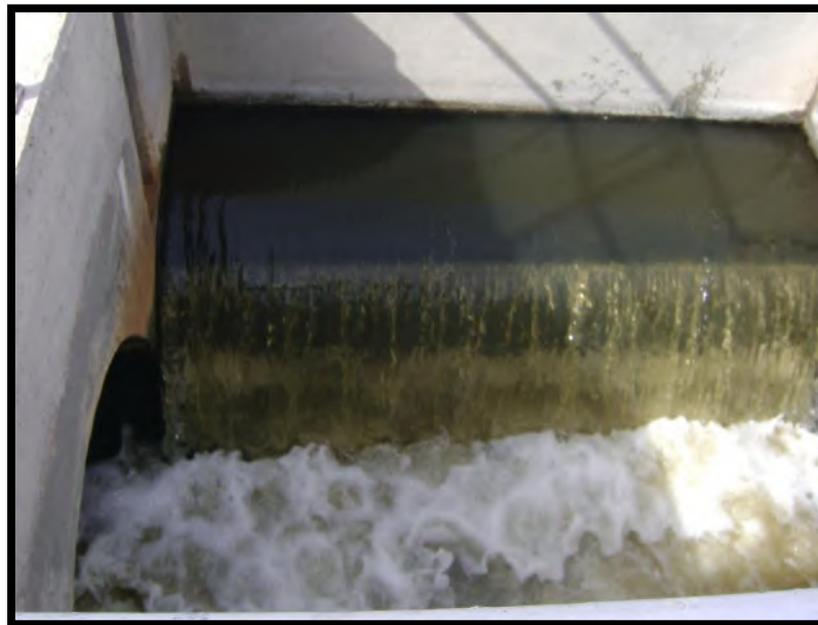


Photo III. 7: La sortie de l'eau traitée.

III.3.3.2.3.Lits de séchages

Les boues décantées au fond des lagunes serrant sécher à l'air libre sur des lits de séchage. Ces derniers sont des bassins recouverts d'une couche de sable lavé de granulométrie différente, incluant le réseau de drainage.

Le transport des boues du fond des lagunes vers les lits de séchage est réalisé par des conduites flexibles.

Ces boues voient leur siccité augmenter grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage .Ce dernier favorise l'évacuation de la grande partie de l'eau par simple ressuyage. Cette eau évacuée en tête de station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.

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



Photo III. 8 : Lits de séchages

III.3.4.Acheminement

Dès la sortie des EUE de la STEP, un canal de transfert assure l'acheminement de ces eaux vers sebkhat Safioune, située à 40 km environ au nord de la STEP de Ouargla. Le canal

de transfert des excédents hydriques est un ouvrage construit en béton, étanche, de section rectangulaire de 2,9mx2,3m, composé de deux conduites, une achemine les EUE provenant de la STEP, et l'autre véhicule les eaux de drainage venant de la SPED.

Les deux conduites sont séparées par une cloison de 1,5m de hauteur. Cette cloison a pour but la suppression de tout contact ou mélange entre les EUE et les eaux de drainage. Des ouvertures du côté de la conduite des EUE sont parsemées tout au long du canal, espacées de 100m environ. Ces ouvertures permettent des piquages des EUE en vue de les réutiliser en irrigation.

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

[33]

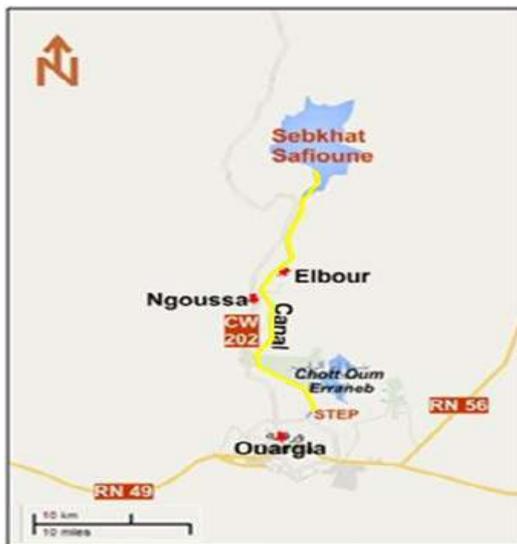


Figure III. 11: Itinéraire du canal de transfert



Photo III. 9 : Embouchure du canal (Point de rejet)

III.3.5. Rejet

Les excédents hydriques (EUE et eaux de drainage) acheminés par le canal de transfert circulent sous l'effet de la gravité (sans aucun pompage), où ils parcourent 40 km environ pour être rejetés au niveau du milieu récepteur qui est sebkhat Safioune ; ces eaux commencent à se mélanger à quelques mètres du point de rejet. [33]

III.4. La situation géographique de la commune de N'goussa

La région de N'GOUSSA est l'une des dix daïras de la wilaya de Ouargla se trouve au Nord de cette dernière sur une distance à 22 km. Elle est traversée par la route communale d'Ouargla- El Bour. Elle est peuplée par 16 581 habitants, avec une densité de 5,7 hab. /km² pour une surface de 2 907 km².

Cette dépression ou cuvette s'étend entre les coordonnées : X : 32° 08' 27" Nord et Y : 5° 18' 30" Est. N'GOUSSA est délimitée par les dunes de sable à l'Est et par les palmeraies à l'Ouest. L'extension de N'GOUSSA se fait actuellement vers le Nord par des maisons Traditionnelles et vers l'Est par un groupement d'habitations individuelles. À l'Ouest se situe la Casbah constituée de maisons anciennes dont la majorité est ruinées. Le terrain est Relativement plat, avec une cote moyenne de l'ordre de 130m au-dessus de la mer. Elle se limite :

- Au Nord par hadjira.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.
- Au l'Est par Hassi Ben ABDELLAH.
- Au l'Ouest par Zelfana.

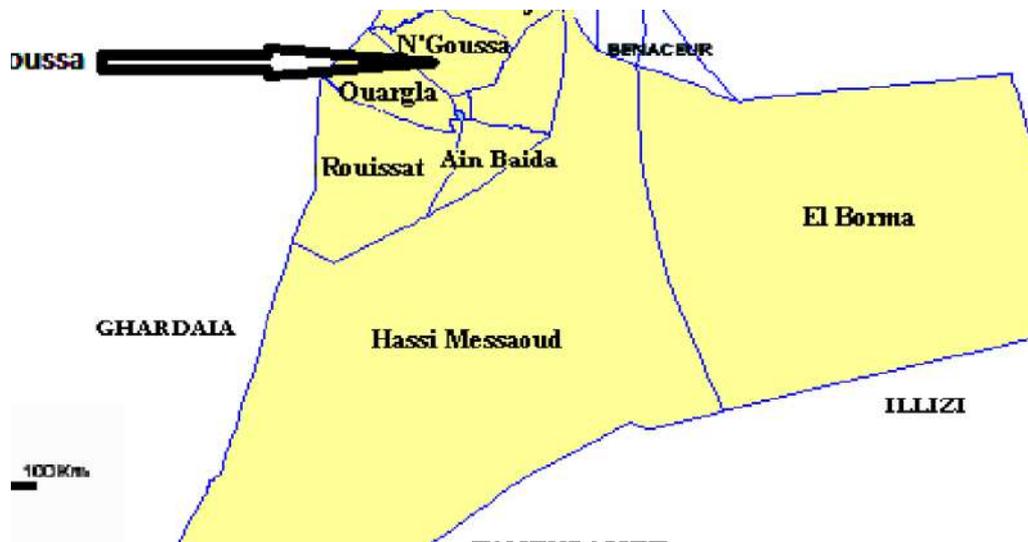


Figure III. 12: Situation géographique de la commune de N'GOUSSA

III.4.1. Station d'épuration (STEP-N'goussa)

La station d'épuration de N'Goussa a été réalisée dans le cadre du méga projet de lutte contre la remontée des eaux d'Ouargla. Elle traite les eaux urbaines de la daïra de N'Goussa, au moyen des filtres plantes de roseau c'est un des dispositifs extensifs de traitements biologique des eaux usées par MACROPHYTES.

Les plantes utilisées sont des phragmites australis plus communément appelés « roseaux »



Photo III. 10 : Station d'épuration N'goussa

III.4.1.1. Fiche technique de la Station (STEP-Ngoussa)

Nature des eaux épurées: Domestiques

- **Date de début des travaux:** 2008
- **Date de mise en service:** 2010
- **Procédé d'épuration:** Filtres plantés de roseaux
- **Capacité d'épuration:** 10 914 EQH
- **Débit nominal :** 1 515 M3/j
- **Temps de séjour :** 03 jour chaque bassin
- Les rendements épuratoires sont MES : 85%, DCO : 75%, DBO₅ : 84%.

III.4.1.2.L’objectif de traitement de la station

Les objectifs de l’épuration de la commune de N’goussa définis dans le plan directeur sont les suivants :

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur.

III.4.1.3.Les caractéristiques de la station

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des ouvrages d’épuration.

Tableau III. 8: Les principales caractéristiques des ouvrages d’épuration

Dimensionnement • Filtres plantés	
EH raccordés à terme	10914 EH
Débit moyen journalier à horizon du projet	1743 m ³ /j
Dimensionnement des filtres de premier étage	
Type de filtres	Verticaux
Critère de dimensionnement	0.15 m/j
Surface totale de filtres	11620 m ²
Nombre de filtres	4 u
Surface de chaque filtre	2905 m ²
Longueur d’un filtre	40 m
Largeur d’un filtre	73 m
Espacement entre filtre	2.00 m
Hauteur de filtre	0.70 m
Nombre d’unités épuratrices par filtre	3 u
Nombre total d’unités épuratrices	12 u
Surface d’une unité épuratrice	968 m ²

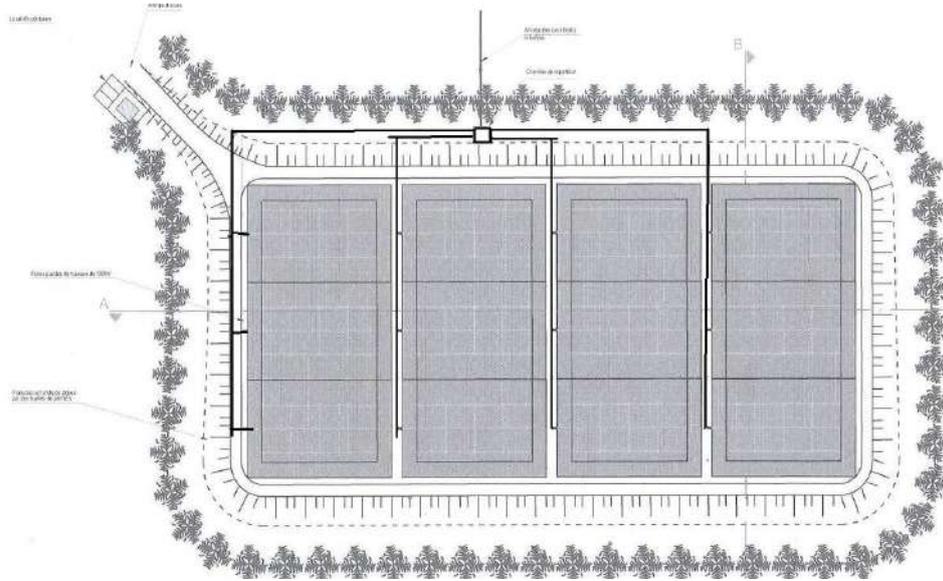


Figure III. 13 : plan d’implantation des équipements

III.4.1.4. Matériaux filtrants

Chaque unité de filtre planté de roseau sera constituée de 3(trois) couche successives de matériaux (Tableau III.3)

Tableau III. 9 : Les couches des matériaux filtrants

Les couches	Matériaux	Granulométrie	Epaisseur
Couche supérieure filtrante	Sable lavé de granulométrie faible permettant une capacité de filtration importante	Comprise entre 0.25 et 0.40mm	40 cm
Couche de transition	Gravier lavés et roulés permettant la transition vers la couche inférieure	Comprise entre 5et 10mm	40cm
Couche inférieure drainante	Graviers lavés et roulés permettant la collecte et l'évacuation des eaux traitées dans le sous sol	Comprise entre 20 et 40mm	20cm

III.4.1.5. Les étapes de fonctionnement de la station

La station de traitement des eaux usées de la commune de N’goussa est conçue de la manière suivante.

III.4.1.5.1. Station de pompage

Les eaux brutes arrivent à la station d'épuration par refoulement via la station de pompage du village. Le prétraitement de ces effluents est assuré dans ce poste de refoulement dans lequel il est prévu un dégrillage et un dessablage des effluents avant refoulement.



Photo III. 11: Station de pompage

III.4.1.5.2. chambre de répartition

Les eaux usées brutes arrivent à la station d'épuration en refoulement. La chambre de répartition disposée en tête de station, elle permet de répartir les eaux usées vers les quatre unités de filtres plantés de roseaux.



Photo III. 12 :Chambre de répartition

Chaque conduite de départ est équipée d'une vanne manuelle afin d'assurer une alternance de l'alimentation.



Photo III. 13: Répartiteur

III.4.1.5.3. les bassins de filtre planté de roseau

Les filtres plantés de roseau sont des excavations, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux à traitées. L'effluent s'écoule

au sein de chaque filtre en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation, etc..) et biologique (biomasse fixée sur support fin).



Photo III. 14: filtre planté de roseaux (STEP N'goussa)

On arrose chaque bassin en trois étapes sur trois jours on irrigue le premier tiers du bassin pendant une journée complète, alors le deuxième tiers pendant la journée suivante, enfin le dernier tiers pendant la troisième journée, puis on arrose le deuxième bassin, puis troisième et le quatrième de la même manière. L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans la arrosage des arbres de la station et le reste est rejeté vers Sebkhath N'goussa.



Photo III. 15: Regard de rassemble l'eau traitée

III.4.1.5.4. Rejet des eaux épurées

Les eaux épurées seront évacuées dans le sous-sol par infiltration

III.4.1.6. Type de plante dans la station

❖ *Phragmites australis*

Espèce très commune sur toute la planète, dans les sols frais et humides, aux bords des rivières, des lacs et des étangs. Elle aime les sols vaseux et résiste à la stagnation dans l'eau, elle résiste à de nombreux polluants.



Photo III. 16: *Phragmites australis* (STEP N'GOUSSA)

✓ **Description**

Plante vivace, à tiges dressées, d'une hauteur de 1,5 à 3 mètres, de 10 mm de diamètre, se brisant facilement portant des feuilles allongées, larges de 1 à 3 cm, d'un vert glauque. Les inflorescences groupent en haut des tiges des panicules d'épillets de couleur brune violacée. Cette plante se multiplie par de nombreux rejets issus des tiges souterraines traçantes (différents types de rhizomes). [48]

Le développement de nouvelles tiges intervient entre le printemps et l'automne (d'avril à octobre). Ce végétal peut même supporter des périodes de gel dont l'action est positive sur la déshydratation des boues (phénomène gel-dégel-rétractation) (Esser, 1999).

Les roseaux sont capables d'absorber et de concentrer des quantités importantes de polluants et ils contribuent à l'autoépuration des eaux. Leur développement s'accélère dans les eaux calmes et les rivières. [20]

✓ **Systematique**

Nous avons opté pour la classification utilisée par Quezel *et al.* (1962-1963). Le genre est *Phragmites* et l'espèce est *australis*, cette espèce fait partie des spermatophytes angiospermes, c'est une monocotylédone et elle appartient à la famille des graminées.

✓ **Pourquoi *Phragmites australis* ?**

Les roseaux sont des plantes supérieures de type héliophyte. Ces plantes ont des propriétés épuratrices; en partie grâce à leur capacité de transport de gaz entre la partie aérienne et les rhizomes, par la présence d'un aerenchyme.

Ces plantes possèdent des propriétés de tolérance et d'accumulation des éléments traces métalliques (Cu, Zn, Cd, Pb), elles vont être ainsi capables d'accumuler les métaux dans leurs parties récoltables.

III.5. Les analyses physico-chimiques des eaux usées

Toutes les analyses physico-chimiques des eaux usées à l'entrée et à la sortie des stations de dépurations (Saïd- Otba et N'goussa) ont été effectuées au laboratoire de la STEP Saïd-otba. Les paramètres analysés sont : T°, pH, O₂ dissous, conductivité électrique, température, MES, DCO, DBO₅, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺. (voir tableau III.4)

Tableau III. 10: Les Paramètres d'analysés (STEP Said otba)

	Paramètre	Unité	Désignation	Méthode de références
01	Matière en suspension	mg/L	MES	Gravimétrique ; Balance de précision électronique(kern.ABT)- appareil de filtration : filtration sur membrane de 0,45 µm et séchage à l'étuve à 105°C et pesée.
02	Demande Biologique en Oxygène	mg d'O ₂ /L	DBO ₅	Mesure d'autocontrôle DBO Oxi Top IS 12 et Thermostat TS 606/4-i
03	Demande Chimique en Oxygène	mg d'O ₂ /L	DCO	Et mesurée par un spectrophotomètre (DR2800). Par la méthode au bichromate de potassium K ₂ Cr ₂ O ₇
04	Oxygène dissous (O D)	mg d'O ₂ /L	O D	Nous avons utilisé la méthode potentiométrique. (oxymètre portatif, Oxi 340i /Set WTW)
05	L'Ammonium	mg/L	N-NH ₄	Par la méthode (spectrophotométrie) spectrophotomètre DR.2800 Hach Lange
06	Nitrite	mg/L	N-NO ₂	
07	Nitrate	mg/L	N-NO ₃	
08	Température	°C	T	Thermométrie : thermomètre électronique type Hanna
09	Potentiel hydrogène	Unité pH	pH	pH mètre type WTW 340 I /Set, portatif et Electrode Sen Tix 41-3
10	Conductivité	µs/cm	cond	Conductimètre de poche type WTW 340I

III.5.1. Les paramètres déterminés et les méthodes utilisés**III.5.1.1. Détermination de pH****❖ BUT d'analyse**

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

❖ Appareillage

- ▶ Un pH- mètre portable.
- ▶ Solution étalon 4.7 et 10.
- ▶ Pissette eau déminéralisé.

❖ Procédure

- ▶ Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- ▶ Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- ▶ Lire le pH à température stable
- ▶ Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.

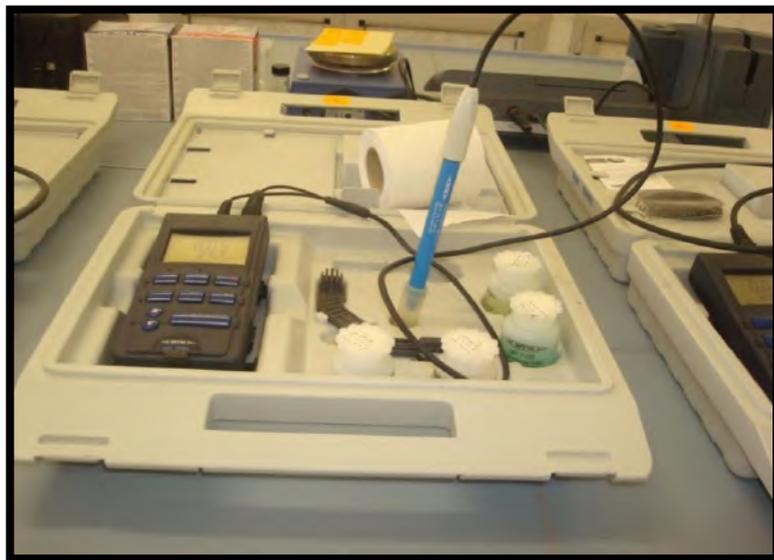


Photo III. 17: pH-mètre

III.5.1.2. 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 eau déminéralisé.
- ▶ Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.

❖ Procédure

- ▶ Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- ▶ Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- ▶ Lire la CE et la salinité et la température des stabilise de celle-ci.
- ▶ Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode l toujours dans l'eau déminéralisée.



Photo III. 18 : Conductimètre

III.5.1.3. Détermination de l'O₂ 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 différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du **oxymètre de poche Oxi 340 i**

❖ Matériel nécessaire

- ▶ Un oxymètre .
- ▶ Solution alcaline électrolyte pour calibrage.
- ▶ Pissette eau déminéralisé.



Photo III. 19 :Oxymètres

III.5.1.4. La matière en suspension (MES)

❖ But d'analyse

Est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau traitée

❖ Principe

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

❖ Appareillage

- ▶ Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- ▶ Filtre.
- ▶ Etuve (MEMMERT. UNB).
- ▶ Dessiccateur.
- ▶ Pompe à vide.

a- Préparation des filtres par l'eau distillée

- ▶ Laver le filtre par l'eau distillée.
- ▶ Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- ▶ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ▶ Peser

b- Filtration de l'échantillon

- ▶ Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- ▶ Agiter le flacon d'échantillon.
- ▶ Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- ▶ Filtrer l'échantillon.
- ▶ Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- ▶ Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- ▶ Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- ▶ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ▶ Peser le filtre.

Expression des résultats

Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

$$\text{MES} = 1000(M1-M0)/V$$

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).



Photo III. 20: Unité de filtration avec pompe à vide



Photo III. 21 : Balance



Photo III. 22 : Etuve

III.5.1.5. La demande chimique en oxygène (DCO)

❖ But d'analyse

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 DBO5.

❖ 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 ($HgSO_4$).

❖ Appareillage

- ▶ Pipette jaugée à 2 ml.
- ▶ Spectrophotomètre (DR 2800).
- ▶ Réacteur DCO à 150°C (HACH. LANGE).

❖ Réactif

- ▶ 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

❖ Procédure

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

❖ Expression des résultats

La teneur en DCO est donnée en mg/l.

**Spectrophotomètre****Réactifs DCO****Réacteur DCO****Photo III. 23 : Appareils et réactifs pour mesure DCO**

III.5.1.6. La demande biologique en oxygène (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 microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est 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.

❖ Appareillage

- Réfrigérateur conservant une température de 20°C
- Un agitateur magnétique.
- Bouteilles brune de 510 ml.
- OXI TOP
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO₂ dégager par le microorganisme).

❖ Procédure

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

Volume de la prise d'essai (DBO₅) = DCO (mg/l) × 0.80, pour les eaux urbaine.

- Introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau. En fonction de la valeur de DCO.

Tableau III. 11 : Volume d'échantillon d'après le DCO

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10

Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

- Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium
- Visser la tête de mesure sur les bouteilles.
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message (00).
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.

Expression des résultats

$$\text{DBO5 (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$



Photo III. 24 :Réfrigérateur, Bouteilles et OXI TOP

III.5.1.7. Mesure de l'ammonium (NH_4^+)**Réactifs N- NH_4^+ (LCK 303) gamme (2 à 47 mg/l).**

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à :

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCapZip détachable
- Dévissez le DosiCap Zip
- Pipette 0.2 ml de d'échantillon
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip dirigeant le cannelage vers le haut
- Secouer énergiquement

Agiter et refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes,

- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de NH_4^+ en mg/l.

III.5.1.8. Mesure de nitrite (N- NO_2^-)**Réactifs N- NO_2^- (LCK 341) gamme (0.015 à 0.6 mg/l)**

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composé aromatique, contenant un colorant azioque de couleur intense, l'évaluation de la quantité de nitrite consiste à :

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DOZICAP ZIP détachable.
- Dévissez le DOSICAP ZIP
- Pipette 2.0 ml d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DOSICAP ZIP dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat
- Attendre 10 min mélange de nouveau, bine nettoyer l'extérieur de la cuve et Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de N- NO_2^- en mg/l.

III.5.1.9. Mesure de nitrate (N-NO₃⁻)**Réactifs N-NO₃⁻ (LCK339) gamme (0.23 à 13.50 mg/l).**

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4nitro-2.6-diméthénol.

L'évaluation de la quantité de nitrite consiste à :

- Pipette lentement 1.0 ml d'échantillon.
- Pipette lentement 0.2 ml de la solution- Fermer la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet
- Attendre 15 minutes, bine nettoyer l'extérieur de la cuve et de la cuve et placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de N-NO₃⁻ en mg/l.

III.5.1.10. Phosphore Total (PT)**Réactifs PT (LCK 348) gamme (0.5 à 05 mg/l).**

Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à:

- Délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter 0.5 ml d'échantillon.
- Vissez le DosiCap Zip: dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement.
- Chauffer dans le thermostat:

a) Thermostat: 60 min à 100°C

b) HT 200 S: 15 min avec le programme standard HT

- Pipetter dans la cuve une fois refroidie: 0.2 ml de réactif B (LCK 348 B). Fermer immédiatement le réactif B après emploi.

- Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite.
- Attendre 10 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et p le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de **PT** en mg/l.

III.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de décrire le milieu physique (Situation géographique, climatologie) et assainissement de la région étudiée. D'après les études faites nous concluons que la zone d'étude est une région sensible et vulnérable à la pollution des eaux et des verges agricoles et quelle nécessite un assainissement et une épuration de ses eaux usées.

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1.Introduction

Après avoir montré les outils méthodologiques nécessaires pour la réalisation de notre travail, dans ce chapitre nous procéderons à l'interprétation des résultats de notre étude à travers l'analyse de la qualité des eaux usées brutes et épurées par les deux STEPs (Saïd otba - N'goussa).Ce chapitre nous permettra à déterminer les performances épuratoires de chaque STEP en comparant nos résultats obtenus avec les normes des rejets.

N.B :

- **STEP1**= Station d'épuration de lagunage aéré (Saïd Otba)
- **STEP2**= Station d'épuration de Filtre planté de roseaux à écoulement vertical (N'Goussa).
- Tous les résultats des analyse phisico–chimique des eaux usées (brute /traitée) sont obtenus d'ONA

-Identification des mois associant à chaque trimestre.

Identification des trimestres	Mois correspondants
Hiver	Décembre-janvier et février
Printemps	Mars-avril et mai
Eté	Juin-juillet et aout
Automne	Septembre-octobre et novembre

IV.2. Coefficient de biodégradabilité (rapport DCO/DBO₅)

Les eaux usées peuvent être classées en deux catégories : biodégradable et non-biodégradables. Le calcul du coefficient de biodégradabilité des effluents des eaux brutes permet de définir la biodégradabilité de l'effluent. Il est calculé par le rapport DCO/DBO₅ et dépend de la nature et de l'origine des eaux usées qui peuvent être domestiques ou industrielles, ce qui nécessite des traitements différents

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO₅ permet une bonne approche de la biodégradabilité, en calculant le rapport DCO/DBO₅.

Les règles suivantes étant généralement retenues :

- ▶ **DCO/DBO₅<3**: effluent facilement biodégradable ;

Chapitre IV Résultats et discussions

- ▶ $3 < DCO/DBO_5 < 5$: effluent moyennement biodégradable ;
- ▶ $DCO/DBO_5 > 5$: effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.

Cet indice de biodégradabilité (DCO/DBO_5) s'avère également très utile pour le suivi de l'efficacité de traitements biologiques [24].

Tableau IV. 1: Coefficient de biodégradabilité des eaux usées brutes

	STEP1			STEP2		
mois	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	K=DCO/DBO ₅
Janvier	450	143.33	3.14	538	320	1.68
Février	561	200	2.805	701	440	1.6
Mars	531	200	2.65	310	297	1.04
Avril	304	100	3.04	250	190	1.31
Mai	314.33	126.67	2.48	487	280	1.74
Juin	353.2	205	1.72	210	190	1.1
Juillet	387.5	140	2.77	270	180	1.5
Aout	359	160	2.24	451	240	1.88
Septembre	324	153.33	2.11	170	160	1.06
Octobre	262.93	195.33	1.35	428	177	2.42
Novembre	460	90	5.11	210	190	1.1
Décembre	307.33	95	3.23	477	290	1.64
Valeurs moyennes	384.52	150.72	2.72	375.17	246.17	1.51

L'interprétation des résultats est indiquée par un code couleur :

- ▶ Effluent facilement biodégradables 
- ▶ Effluent moyennement biodégradable 
- ▶ Effluent difficilement biodégradable 

D'après les résultats du tableau (IV-1) il apparaît clairement que les valeurs moyennes des eaux usées brutes pour les deux STEPs sont facilement biodégradables et purement d'origine domestique, de ce fait le choix favorable est le traitement biologique.

Chapitre IV Résultats et discussions

- ✓ Sauf une exception a été remarquée le mois de novembre au niveau de la STEP1 ou le coefficient de la biodégradabilité est >5 Ceci peut être expliqué par la présence des rejets industriels raccordé au réseau d'assainissement urbain.

IV-3. Qualités des eaux usées brutes entrant dans les deux stations d'épurations

Les caractéristiques des eaux brutes entrant dans chacune des stations (Said Otba et N'goussa) durant l'année 2019, sont présentée dans le tableau (IV-2).

Tableau IV. 2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes (EUB)

Paramètres	STEP 1			STEP 2		
	Valeurs Min	Valeurs Max	Valeurs Moyennes	Valeurs Min	Valeurs Max	Valeurs Moyennes
T(°C)	19.36	33.1	26.16	12.7	34.3	23.52
PH	7.26	7.7	7.73	7.19	7.73	7.42
CE (µs/cm)	11935	49782	28396	4140	8070	5595
O2 dissous (mg/l)	0.26	1.9	0.89	0.2	2.6	0.94
Mes (mg/l)	82	281	158.18	41.00	198.5	84.04
DCO(mg/l)	262.93	561	384.52	170	538	374.42
DBO ₅ (mg/l)	90	205	150.7	160	440	246.17
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.02	0.25	0.2	0.066	0.235	0.136
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.18	1.27	0.53	0.27	1.2	0.5
N-NH ₄ (mg/l)	21.4	36.8	30.7	36.9	68.8	48.35

. Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS :

Tableau IV. 3: Normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971). [25]

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

Chapitre IV Résultats et discussions

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	-

La comparaison des résultats des analyses des eaux usées brutes avec les normes des eaux usées présenté dans le tableau (IV.3). Permet de tirer les conclusions suivantes.

A-STEP1

- ▶ La teneur moyenne de la **DCO** (384.52mg/l>80) montrent que les eaux usées urbaines de la zone d'étude présentent une **qualitémauvaise à très mauvaise**, courant l'année, avec un minimum de 262.93mg/l et un maximum de 561mg/l.
- ▶ La teneur moyenne de la **DBO₅** (150.7mg/l>25) affirment que les eaux usées urbaines de la zone d'étude présentent également une **mauvaise à très mauvaisequalité** courant l'année, avec un minimum de 90mg/l et un maximum de 250mg/l.
- ▶ La concentration moyenne de L'**O₂** dissous (0.88mg/l <1) montrent que ces eaux usées urbains de la zone d'étude présentent une **mauvaise à trèsmauvaise qualité**, avec une valeur minimum de 0.26mg/l et une maximum de 1.9mg/l.
- ▶ La valeur moyenne de L'**NH₄⁺** (30.7mg/l>8) montrent que ces eaux usées présentent une qualité **mauvaise à très mauvaise** courant l'année, avec un minimum de 21.4mg/l et un maximum de 36.8mg/l.
- ▶ La teneur moyenne de **MES** (158.18mg/l>70) montrent que ces eaux usées est de **qualité médiocre** courant l'année, avec un minimum de 82mg/l et un maximum de 281mg/l.

B-STEP2

- ▶ La teneur moyenne de la **DCO = 374.42mg/l**, avec un minimum de170 mg/l et un maximum de 538 mg/l .Donc la DCO > 80, montrent que les eaux usées urbaines de la zone d'étude présentent **une mauvaise à très mauvaise qualité** courant l'année.
- ▶ La teneur moyenne de la **DBO₅ = 246.17 mg/l**, avec un minimum de 160 mg/l et un maximum de 440 mg/l. Donc la DBO₅>25 affirment que les eaux usées urbaines présentent également **une qualité mauvaise à très mauvaise** courant l'année.

- ▶ La concentration moyenne de l'**O₂ dissous** = **0.94mg/l**, avec un minimum de 0.2 mg/l et un maximum de 2.6 mg/l. Donc l'**O₂ dissous** <1 montrent que ces eaux usées présentent **une mauvaise à très mauvaise qualité** courant l'année.
- ▶ La concentration moyenne de l'**NH₄⁺** = **48.35 mg/l**, avec un minimum de 36.9 mg/l et un maximum de 68.8 mg/l. Donc l'**NH₄⁺** > 8 montrent que ces eaux usées présentent **une mauvaise à très mauvaise qualité**.
- ▶ la valeur moyenne de la **MES** = **84.4 mg/l**, avec un minimum de 41.00 mg/l et un maximum de 198.5 mg/l. Donc la **MES** > 70 montrent que ces eaux usées présentent **une qualité médiocre**.

A travers ces analyses, il s'avère que les eaux usées de la région d'étude sont caractérisées par une pollution importante à très importante courant l'année, elles sont de ce fait de qualité mauvaise à très mauvaise.

IV.4.Résultats et discussions

Avant que les eaux usées soient rejetées dans le milieu naturel, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre tout type de pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement en fonction du flux de leur charge polluante et de la sensibilité du milieu aquatique récepteur, les valeurs guides sont consignées dans les tableaux (I.8-I.9-I.10-IV.4 l'annexe2).

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux usées prélevées pour la station lagunage aéré et filtre planté de roseaux sont enregistrés respectivement dans le tableau (IV.5-annexe3) et le tableau (IV.6-Annexe3)

IV.4.1. Le débit

D'après (le tableau IV.7-annexe3) et la figure(VI.1) : ci-dessous on observe que le débit d'entrée de la STEP1 varie entre 32437m³/j et de 42517m³/j, ce dernier reste inférieur au débit nominal de conception de la station qui est de l'ordre de 56997m³/j à l'horizon 2030. D'autre par, on remarque que le débit de sortie est inférieur au débit d'entrée, cela est dû à l'évaporation au niveau des bassins. [49]

Chapitre IV Résultats et discussions

On constate aussi que Le débit d'entrée durant l'année 2019 dans la STEP2 est de $900\text{m}^3/\text{j}$ cette valeur reste inférieure au débit nominal de conception de la station qui est de l'ordre $1515\text{m}^3/\text{j}$ à l'horizon 2030 et reste supérieur au débit de sortie. Cette diminution correspond pour partie à l'évapotranspiration des phragmites. [50]

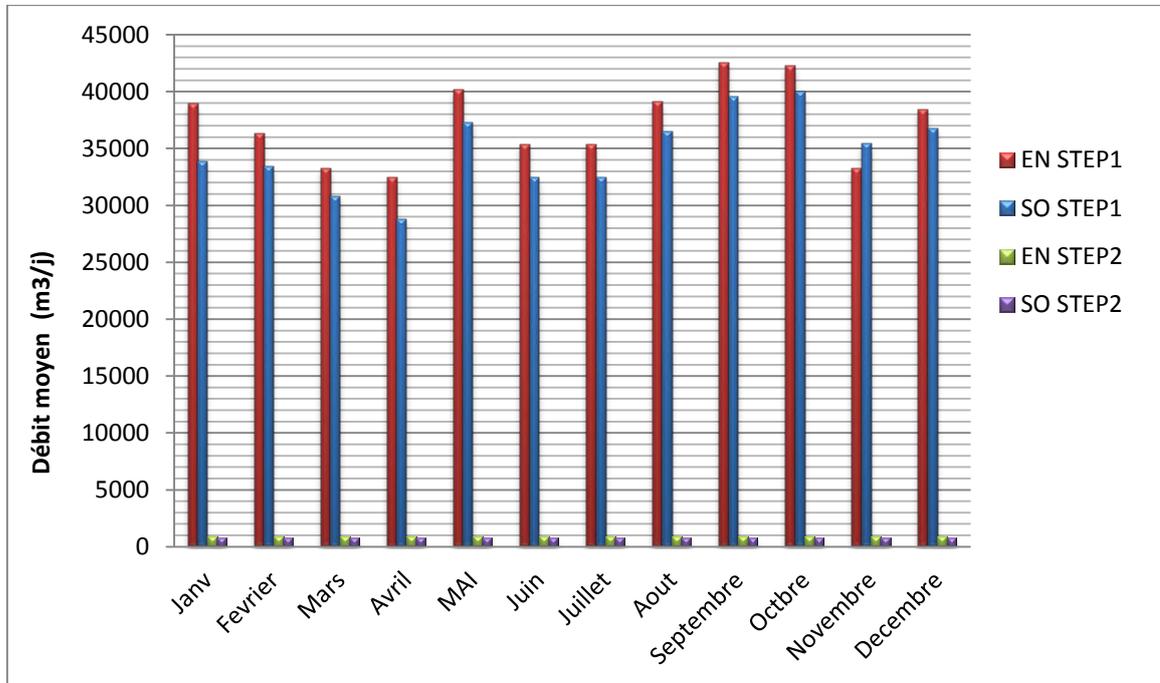


Figure IV. 1: Variation spatio-temporelle du Debit moyen

IV.4.2. Les paramètres physico-chimiques

IV.4.2.1. Variation spatio-temporelle de la température

La température est un facteur écologique à un effet important sur la multiplication et le métabolisme bactérien. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. Sa mesure est nécessaire, étant donné le rôle qu'elle joue dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH. [56]. La variation de la Température moyenne en fonction du temps pour chaque STEP est représentée dans le tableau (IV.8-annexe3)

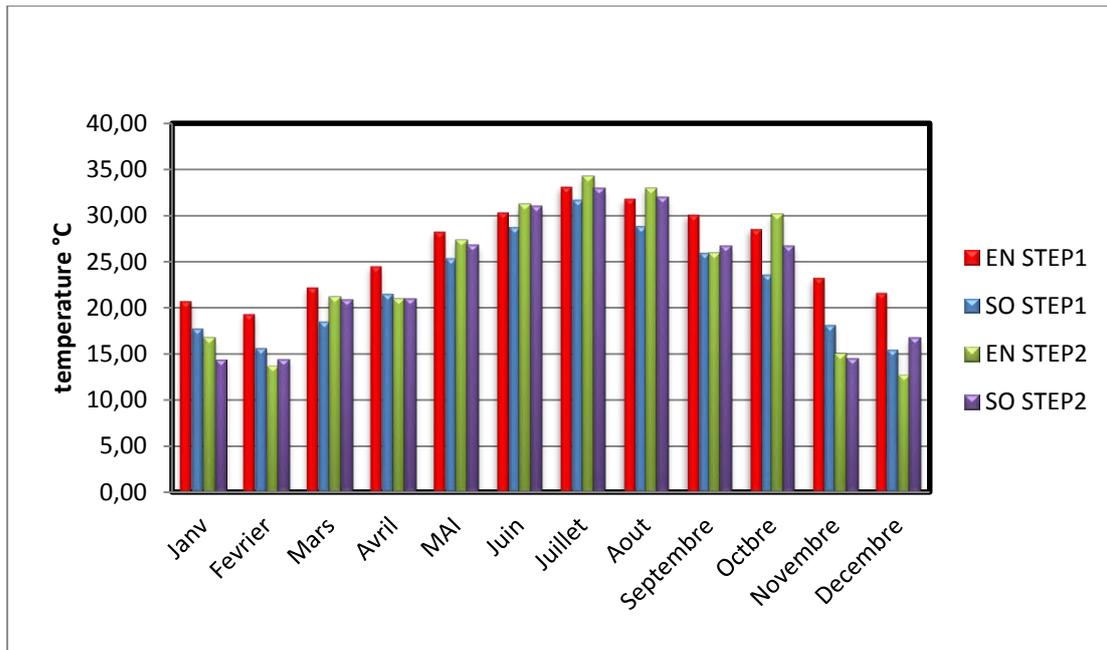


Figure IV. 2 : Variation temporelle de la température (°C)

A-STEP 01

La figure(IV.2) montre que durant l'année 2019, les valeurs mensuelles de la température varient dans un l'intervalle qui va d'un minimum de 19.36°C (Février) à un maximum de 33.10°C (Juillet) et une valeur moyenne de **26.16°C** pour les eaux brutes, et entre 15.52°C(Décembre) et 31.70°C(Juillet) pour les eaux traitées, avec une valeur moyenne pour toute la durée des analyses égale à **22.63°C**.

B-STEP 02

Comme le révèle les résultats reproduire sur la figure (IV.2) : les valeurs Des eaux brutes varient au cours de l'année 2019 entre 12.70°C(Décembre) et 34.30°C(Juillet), avec une valeur moyenne de **23.52°C** et entre 14.30°C(Janvier) et 32.90°C(Juillet) pour les eaux traitées avec une valeur moyenne **23.15°C**.

Cette diminution de température est due à l'ombre provoqué par le feuillage des roseaux.

[51]

C-DISCUSSION

Les températures de l'eau sont étroitement dépendantes de la température de l'air (température ambiante).

On remarque en général pour les deux STEPs des températures moindres des eaux traitées par rapport aux eaux brutes ceci peut être interprété par le contact des eaux traitées avec l'air. [45]

Les valeurs moyennes de la température détectées durant l'année 2019 sont inférieures à la valeur limite des rejets directs dans le milieu récepteur (JORA, 2006), et également elles sont inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures et conformes à celles de l'OMS (<30°C).

Une exception a été remarquée pour la période estivale pour les deux STEPs ou la température de l'eau a la sortie dépasse 30°C, cette augmentation remarquable de la température de l'eau due aux valeurs de température qui atteignent les 50°C. Il est intéressant de signaler qu'à l'entrée de ces deux STEPs la température dans la période estivale, était de l'ordre de 33.10°C pour STEP1 et 34.30°C pour STEP2

IV.4.2.2. Variation spatio-temporelle du pH

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5. Des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes. [71]

Les substances qui modifient le pH peuvent rendre inefficace le traitement des eaux usées. Le tableau (IV.9, l'annexe3) montre la Variation de pH des eaux usées brutes et traitées pour les deux STEPs durant l'année d'étude(2019).

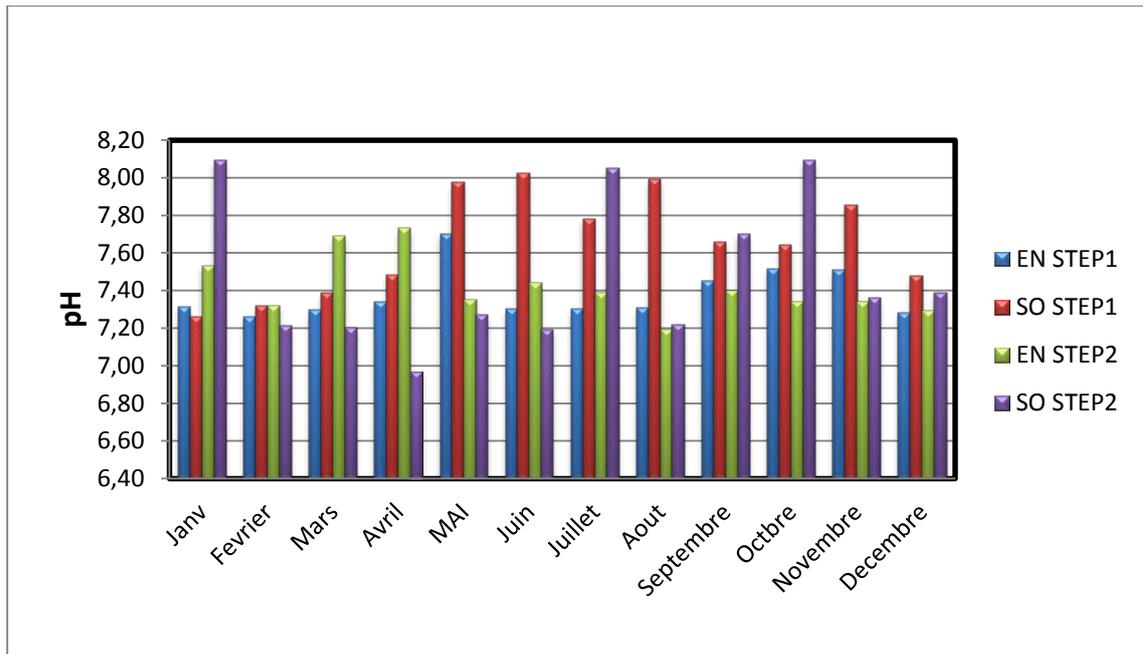


Figure IV. 3 : Variation spatio-temporelle du pH

A-STEP1

Les valeurs moyennes du pH à l'entrée de la station de traitement des eaux usées oscillent entre 7.26 et 7.70 comme valeurs extrêmes minimales et maximales avec une moyenne de **7.38**, cette valeur est caractéristique des eaux usées résiduelles [45]. Pour les eaux traitées le pH varie entre 7.26 et 8.02 avec une moyenne de **7.65**.

B-STEP2

D'après la figure (IV.3) : les valeurs de pH des eaux entrantes oscillent entre 7.19 et 7.73 et la valeur moyenne de ces eaux est de **7.42**. Pour les eaux sortantes les valeurs de pH varient d'une valeur minimale de 6.97 à une valeur maximale de 8.09 avec une valeur moyenne de **7.48**.

C-DISCUSSION

À l'entrée des Stations, le pH des eaux usées est proche de la neutralité, ces valeurs moyennes sont de nature à favoriser la croissance bactérienne nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques et répondent à la norme de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie (tableau I.9-annexe2) et sont également proches de celles des normes Algériennes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation (FAO2003-JORA 2012). De même ces valeurs

Chapitre IV Résultats et discussions

sont généralement comprises entre 6.5et8.5 considérées comme valeurs limites de rejets directs dans le milieu récepteur (JORA 2006) (voir tableau I.8 l'annexe2).

IV.4.2.3.Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE)

La valeur de la conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, et renseigne sur le taux de salinité [5]; la conductivité augmente avec la concentration en sels dissous et aussi avec la température.

La variation de la conductivité électrique en fonction du temps pour chaque STEP est représentée dans le tableau (IV.10-annexe3)

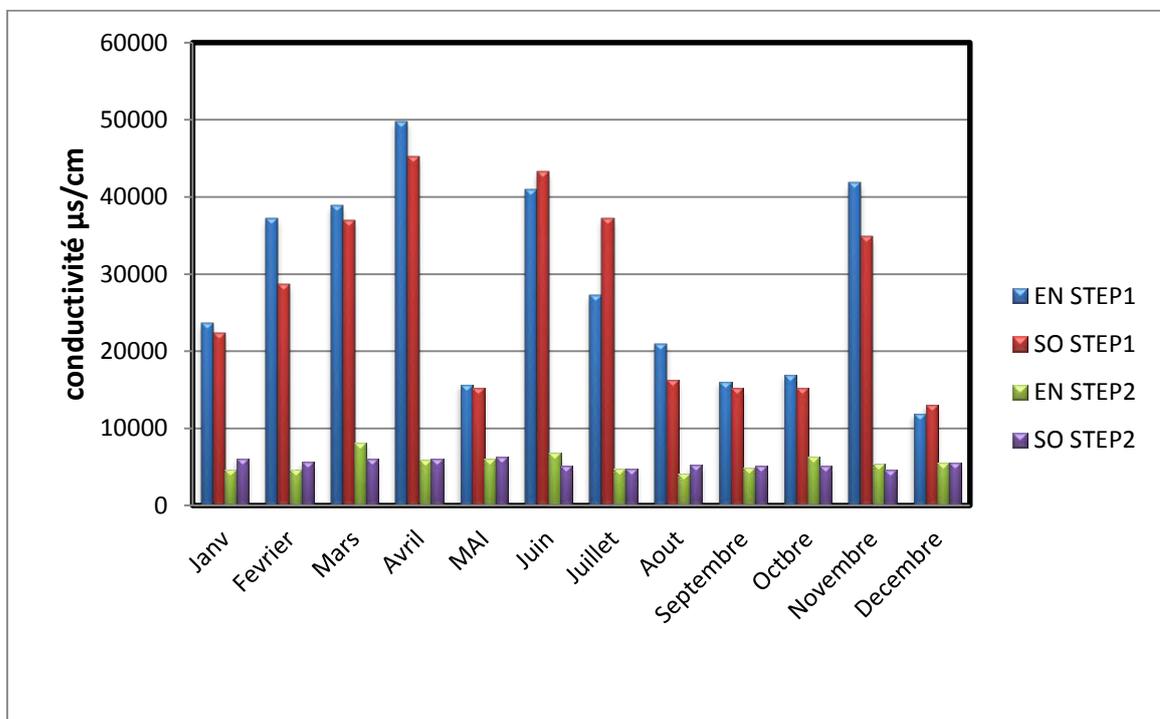


Figure IV. 4 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE)

A-STEP1

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) obtenues (figure IV.4) mettent en évidence la minéralisation très importante avec la valeur mensuelle la plus élevée de 41800µs/cm et de 11935µs/cm comme valeur minimale et valeur moyenne de **28396µs/cm** pour les eaux brutes et dans un intervalle qui va d'un minimum de 13074µs/cm à un maximum de 45282µs/cm pour les eaux traitées, avec une valeur moyenne de **26966µs/cm**.

Chapitre IV Résultats et discussions

La dégradation de la matière organique par les bactéries contribue à la production des sels nutritifs tels que l'azote et le phosphore, ce qui se traduit par l'augmentation de la conductivité électrique. Suite à l'assimilation de ces sels par les algues, il pourrait y avoir une diminution de la conductivité. [52]-[62]

B-STEP2

Les résultats présentés dans la figure montrent que les valeurs mensuelles de la conductivité électrique varient dans un intervalle de 4140 μ S/cm et 8070 μ S/cm avec une moyenne de **5595 μ S/cm** pour les eaux brutes, et entre 4660 μ S/cm et 6300 μ S/cm avec une moyenne de **5468.6 μ S/cm** pour les eaux traitées.

-Les *Phragmites australis* ont tendance à accumuler les sels dissous ce qui explique la diminution de la conductivité de l'eau au niveau des cuves plantées des roseaux les mois (Mars-Juin-Octobre-Novembre). [53]

C-DISCUSSION

Les valeurs élevées de conductivité à l'entrée des stations d'épurations (lagunage aéré-Filtre planté de roseaux), est peut être expliqués par l'infiltration des eaux de drainage ou celles de la nappe phréatique dans le réseau d'assainissement.

- A la sortie, nous avons remarqué qu'il n'y avait pas une grande différence. Une exception a été remarquée dans la période estivale où les valeurs à la sortie de deux stations ont augmenté par rapport à l'entrée, 37200 μ S/cm (JUILLET) et 5270.00 μ S/cm (AOUT) ont été enregistrés dans les eaux de la station de lagunage aéré et celle de Filtre planté de roseaux respectivement. Cela est dû aux fortes évaporations causées par des fortes températures de l'air.
- Les valeurs de la conductivité électrique dépassent largement les normes Algérienne de réutilisation agricole de 3 mS/cm (JORA, 2012) pour les deux STEP.

IV.4.2.4.Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un facteur écologique important qui nous permet d'estimer la qualité des eaux. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle important dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène, alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous saturée. En effet la forte présence de matière organique dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène ce qui provoque une baisse importante d'oxygène dissous. Cependant, sa présence dans les eaux urbaines est considérée comme gênante du fait de la possibilité de corrosion des distributeurs métalliques. [54]

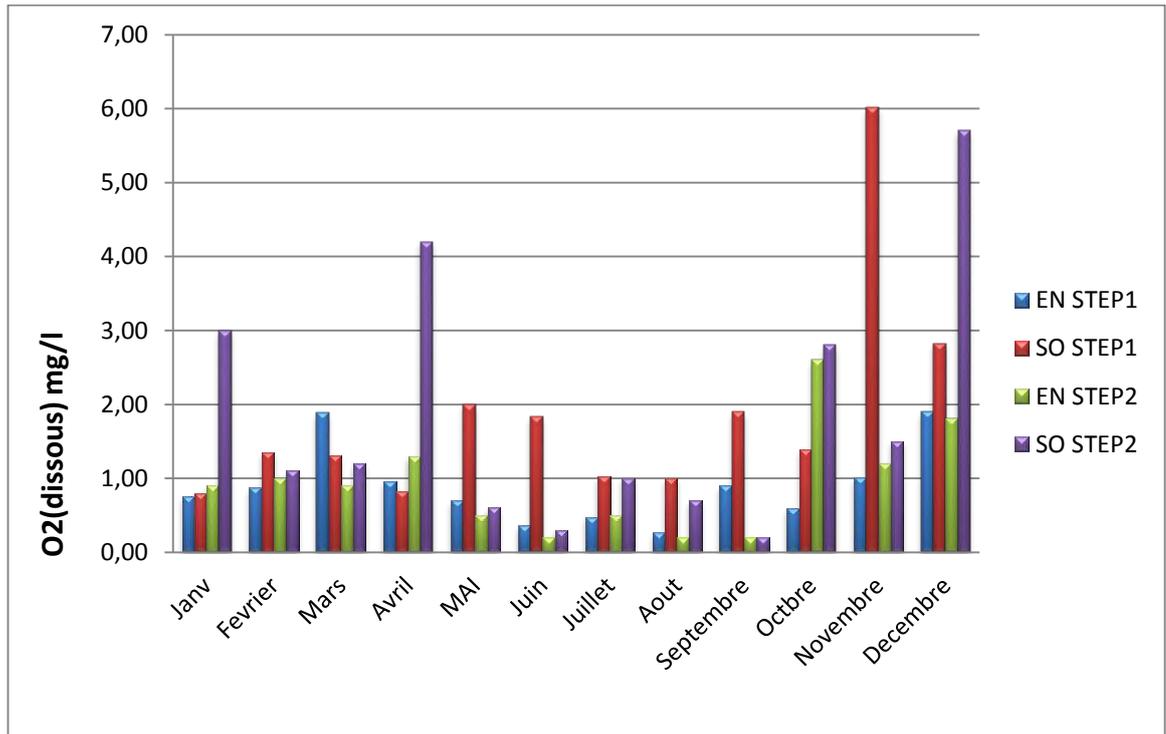


Figure IV. 5: Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous

A-STEP1

D'après la figure(IV.5), on remarque une variation mensuelle de la concentration de l'oxygène dans les eaux brutes et dans les eaux traitées. Les variations de la teneur en oxygène sont fonction de la présence d'algues, de matières organiques oxydables, d'organismes et des germes aérobies, et peut résulter aussi des perturbations des échanges atmosphériques à la surface de l'eau (présence des graisses ou de détergents).

Pour les eaux brutes, les concentrations sont très faibles et souvent proches de zéro, variant d'un minimum de 0.26mgO₂/l à un maximum de 1.90mg/O₂/l avec une moyenne de **0.89mgO₂/l**. Pour les eaux traitées le taux de l'O₂dissous varie entre 0.79mgO₂/l au mois de

Chapitre IV Résultats et discussions

Janvier(Hiver) et 6.02mgO₂/l au mois de Novembre (Automne), avec une valeur moyenne total de **1.85mgO₂/l** pour toute l'année d'étude

L'augmentation des teneurs d'oxygène dissous, à la sortie de la station peut être expliquée par l'aération artificielle et par l'action photosynthétique des algues dans les bassins d'aération [21]. Mais d'autre part, on remarque une diminution mensuelle de ces valeurs au cours des mois de Mars à Avril (figure IV.5). Cette diminution probablement due à la présence d'une activité bactérienne consommatrice de l'oxygène dissous et la diminution de la capacité d'autoépuration de ces eaux. [2]

B-STEP2

Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau IV.11- l'annexe3). D'après la Figure (IV.5), on remarque que les teneurs en oxygène dissous varient dans les eaux brutes entre 0.2 mg/l, et 2.6 mg/l, avec une valeur moyenne de **0.94 mg/l** et les eaux traitées, l'O₂ dissous avec une valeur moyenne de **1.86 mg/l** pour toute l'année d'étude. Avec moyenne une varient entre 0.2mg/l au mois de Septembre (Automne) et 5.7 mg/l au mois Décembre (Hiver).

Le taux d'oxygène dissous est augmenté notamment dans les cuves à roseaux. On peut expliquer cette augmentation par la forte activité métabolique des *Phragmites australis* puisque cet oxygène est résultant de leur métabolisme ainsi que du transfert dû à la diffusion de l'air, donc les plantes apportent l'oxygène nécessaire aux réactions de dégradation aérobie de la matière organique. [53]

C-DISCUSSION

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des valeurs très faibles en oxygène, Lors de son passage dans les Stations d'épurations (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) l'eau s'enrichie en oxygène.

-Le suivi de ce paramètre met en évidence la présence de deux pics de concentration en oxygène dissous, le premier, très marqué enregistré en Automne (mois Novembre) au niveau de la STEP1 et le deuxième, avec des valeurs moins importantes, observé en Hiver (mois Décembre) au niveau de la STEP2, en raison aux agitations mécaniques provoqués par les vents.

Chapitre IV Résultats et discussions

- Les valeurs moyennes d'oxygène dissous des eaux usées traitées au niveau des STEPs sont conformes aux normes de rejets d'OMS ($O_2 = 5 \text{ ml/l}$) (Tableau I.9-annaxe2)

IV.4.2.5. Variation spatio-temporelle de l'Ammonium ($N-NH_4^+$)

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit par réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. [5]

La figure (IV.6) : représente la variation des concentrations de l'ammonium ($N-NH_4^+$) au niveau des STEPs

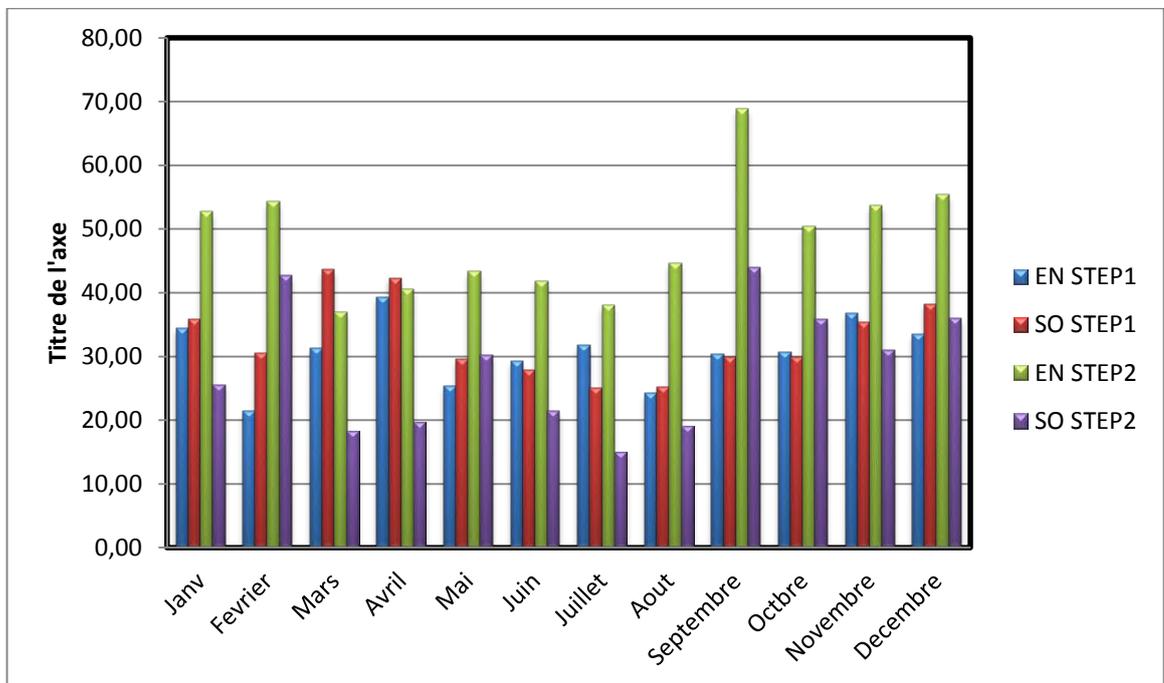


Figure IV. 6: Variation spatio-temporelle de $N-NH_4^+$

A-STEP1

D'après la figure(IV.6) et les résultats obtenus (Tableau IV.15-Annexe3), nous enregistrons une teneur maximale de 39.28mg/l au mois d'Avril et une valeur minimale de 21.40mg/l au mois de Février pour les eaux brutes, avec une valeur moyenne **30.67mg/l**. Pour les eaux traitées les concentrations varient entre 24.92mg/l au mois de Juillet et 43.60mg/l au mois de Mars dans les eaux traitées, avec une valeur moyenne de **32.74mg/l**.

B-STEP2

A partir des résultats obtenus (Tableau IV.15- Annexe3), on remarque dans les figure (IV.6), que les mesures effectuées sur les eaux brutes de la S.T.E.P de Filtre planté de roseaux durant la période de douze mois varient dans un l'intervalle qui va d'un minimum de 36.9 mg/l obtenu au mois de mars à un maximum de 68.8mg/l obtenu en Septembre (figure IV.6) , La moyenne sur les douze mois étant de **48.35mg/l**.

Pour les eaux traitées on observe une variation de la $N-NH_4^+$ 15 mg/L et 43.9 mg/L, avec une moyenne de **28.21 mg/l** pour toute l'année 2019 (voir tableau IV.15-annexe3).

-Nous avons également mis en évidence une réduction des ions ammonium après le passage des eaux usées à travers le système d'épuration planté. Les mécanismes prédominants dans l'élimination de l'azote dans les lits plantés sont la conversion microbienne sous forme gazeuse et le stockage dans le sol, les détritux et la biomasse végétale. La séquence nitrification-dénitrification est considérée comme le processus majeur

D'élimination de l'azote à long terme. [53], voir figure(IV.7)

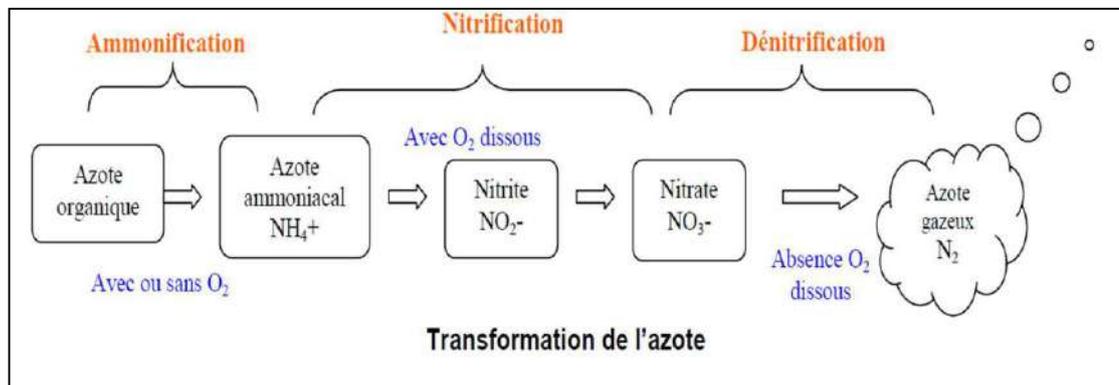


Figure IV. 7: Processus de transformation de l'azote (Agence de l'Eau Sein Normandie, 2008)

C-DISCUSSION

On note une réduction des valeurs moyennes de l'azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux traitées (Figure IV.6) au niveau de la STEP2 durant les douze mois et une légère augmentation au niveau de la STEP1. En effet, l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO_2^- un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO_3^-).

Chapitre IV Résultats et discussions

Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries autotrophes nitrifiantes en deux étapes, la première étant assurée par des bactéries *Nitrosomonas* et la deuxième par des bactéries *Nitrobacter*. [53]

Les résultats moyenne de l'ammonium ($N-NH_4^+$) des eaux traitées au niveau des stations d'épuration (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) durant l'année d'étude 2019 montrent que ces valeurs ne répondent pas aux normes de rejet pour l'irrigation FAO, 2003 (<3mg/L), (voir tableau I.10 l'annexe2)

IV.4.2.6. Variation spatio-temporelle de Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites représentent la forme la moins oxygénée et la moins stable des composés azotés. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates [5]

La figure(IV.8) : représente la variation des concentrations de l'ammonium (NO_2^-) au niveau des STEPs

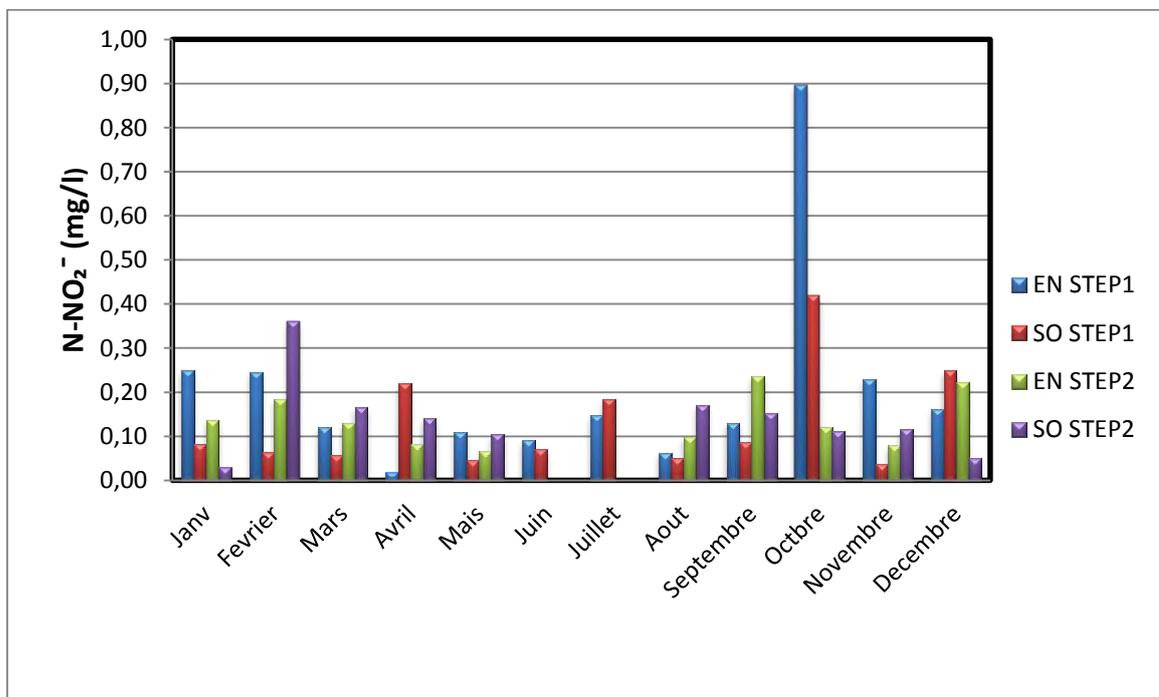


Figure IV. 8: Variation spatio-temporelle des NO_2^-

A-STEP1

Les teneurs en nitrite enregistrées au niveau de la station par lagunage aéré se situent entre 0.02mg/L et 0.9mg/L dans les eaux brutes, avec une moyenne de **0.206mg/L** et entre 0.04mg/l et 0.42mg/l dans les eaux traitées (voir tableau IV.16-annexe3) avec une valeur moyenne de **0.13mg/L**.

-nous remarquons que les concentrations en nitrite rejeté sont en dessous des concentrations entrantes, donc il y a une dégradation de nitrite c.-à-d. une nitrification. [45].

B-STEP2

La figure(IV.8), représente la variation des concentrations des nitrites dans les eaux usées entrant et sortant de la station d'épuration. La plus forte concentration de nitrite a été détectée le mois de Septembre 0.235mg/L et la plus faible le mois de Mai de 0.066mg/L avec une moyenne de **0.136mg/L** pour les eaux usées brutes.

-A la sortie de la station les teneurs en nitrites enregistrées varient de 0.03mg/L à 0.36mg/L, avec une moyenne de **0.14mg/L**, leur augmentation, Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. [5]

C-DISCUSSION

D'après les résultats obtenus, au cours de l'année 2019 dans les deux STEPs d'étude Le tableau (IV.16-annexe3), on remarque que la teneur en azote nitreux des eaux, à savoir brutes et traitées est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation,Ceci est fonction de la qualité d'eau usée, [45]. Les faibles concentrations en nitrites rencontrées au niveau deseaux usées des effluents étudiés, pourraient être expliquées par l'oxydation des ions nitrites (NO_2^-) en nitrates (NO_3^-) Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène. [55]

Par ailleurs, la comparaison des teneurs en azote nitreux dans les deux stations d'épuration (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) avec les normes internationales des eaux destinées à l'irrigation selon l'OMS(<1mg/L), montre que ces valeurs sont inferieurs.

IV.4.2.7. Variation spatio-temporelle de Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste d'une bonne récupération en cas de pollution organique. [5]

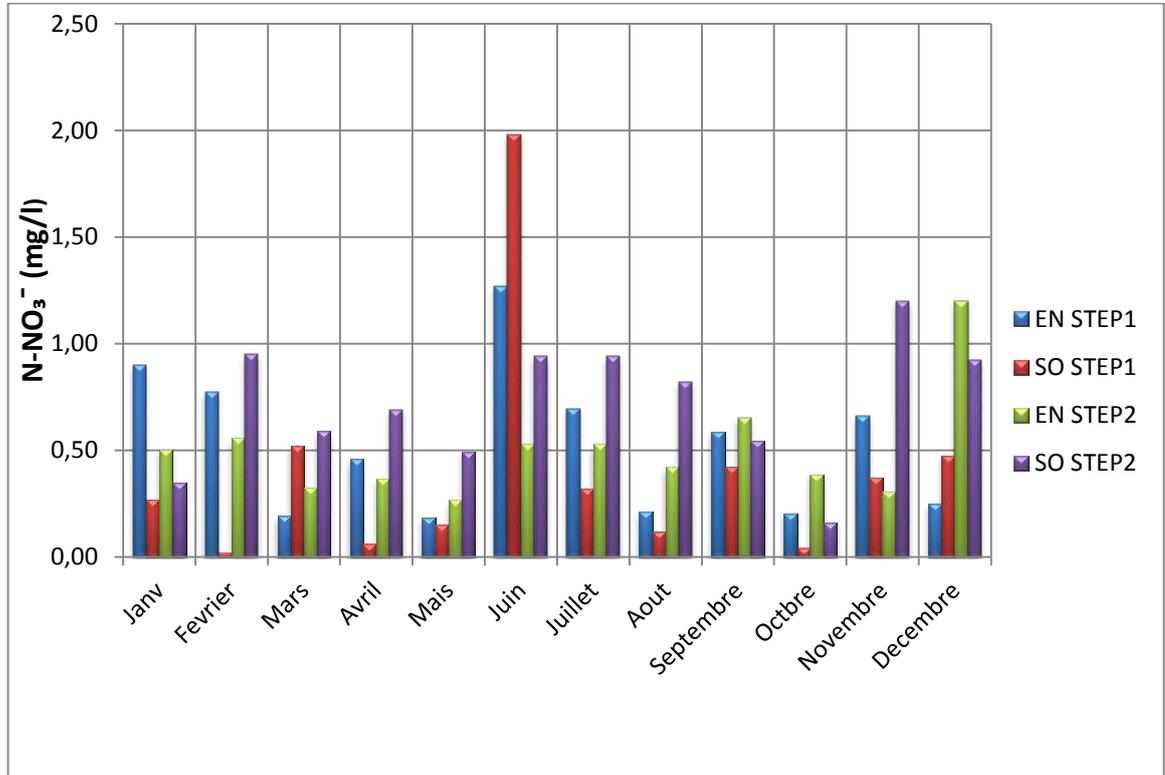


Figure IV. 9: Variation spatio-temporelle des N-NO_3^-

A-STEP1

Dans cette étude, de faibles teneurs en nitrates sont notées au niveau des eaux brutes. Elles varient entre 0.18 mg/L et 1.27 mg/L, avec une moyenne annuelle de **0.531mg/L**. Dans les eaux épurées, ces valeurs oscillent entre 0.02 mg/L et 1.98 mg/L (voir tableau IV.17-annexe3), avec une valeur moyenne de **0.4mg/L**.

-Les nitrates sont le résultat direct de l'oxydation de l'ammoniac en passant par les nitrites qui est un élément peu stable sauf en cas d'insuffisance d'oxydant où on note une accumulation de ce dernier [70], cela explique la cause de la diminution des teneurs en azote nitrique au niveau de la station d'épuration de l'entrée vers la sortie. Sauf une exception à été remarquer le mois de juin, cette augmentation peut s'expliquer par la prolifération des algues au niveau du bassin. Bien que la croissance des phytoplanctons nécessite des nutriments tels

Chapitre IV Résultats et discussions

que l'azote et le phosphore les résultats montrent l'augmentation des teneurs en nitrates, confirmant la présence d'une source de ces composés dans le milieu. Il semblerait qu'il existe un type d'algue qui peut fixer l'azote atmosphérique et accroît par la suite les teneurs en composés azotés. [2]

B-STEP2

D'après les résultats obtenus (Tableau IV.17-annexe3) et la figure (IV.9) nous observons que les valeurs mensuelles des concentrations en nitrates varient entre 0.27mg/L et 1.2mg/L et une valeur moyenne de **0.504mg/L** pour les eaux brutes et elles varient entre 0.15mg/L et 0.95mg/L dans les eaux traitées (figure IV.9) avec une valeur moyenne annuelle de **0.63mg/L** sur toute l'année 2019.

L'élévation des concentrations de $N-NO_3^-$ obtenues à la sortie de la station d'épuration comparativement à celles des eaux usées brutes, témoignent généralement de la grande activité nitrifiante. Par conséquent, les macrophytes aquatiques tels que *P.australis* ont des espaces internes de l'air bien développés tout au long des tissus de la plante qui assurent le transfert de l'oxygène vers les racines et les rhizomes. L'oxygène qui diffuse à travers les racines stimule la croissance des bactéries nitrifiantes dans la rhizosphère. [20]

C-DISCUSSION

Les faibles teneurs en azote nitrique au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine humaine. [45]

Les teneurs en azote nitrique obtenues à la sortie des stations d'épurations (lagunage aéré-Filtre planté de roseaux), obéit aux valeurs limites Spécifiques des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation algériennes (30mg/l) (**JORA, 2012**) (Voir annexe2, tableau IV.4)et internationale **OMS** (50 mg/l)

IV.4.2.8.Variation spatio-temporelle de Phosphore total (PT)

Les phosphores font partie des anions facilement fixés par le sol. Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les bassins des stations d'épurations. [7]

Chapitre IV Résultats et discussions

Les concentrations moyennes de phosphore total PT mg/L durant la année de suivi à l'entrée et à la sortie des deux stations sont représentées par le Tableau (IV.18-annexe3).

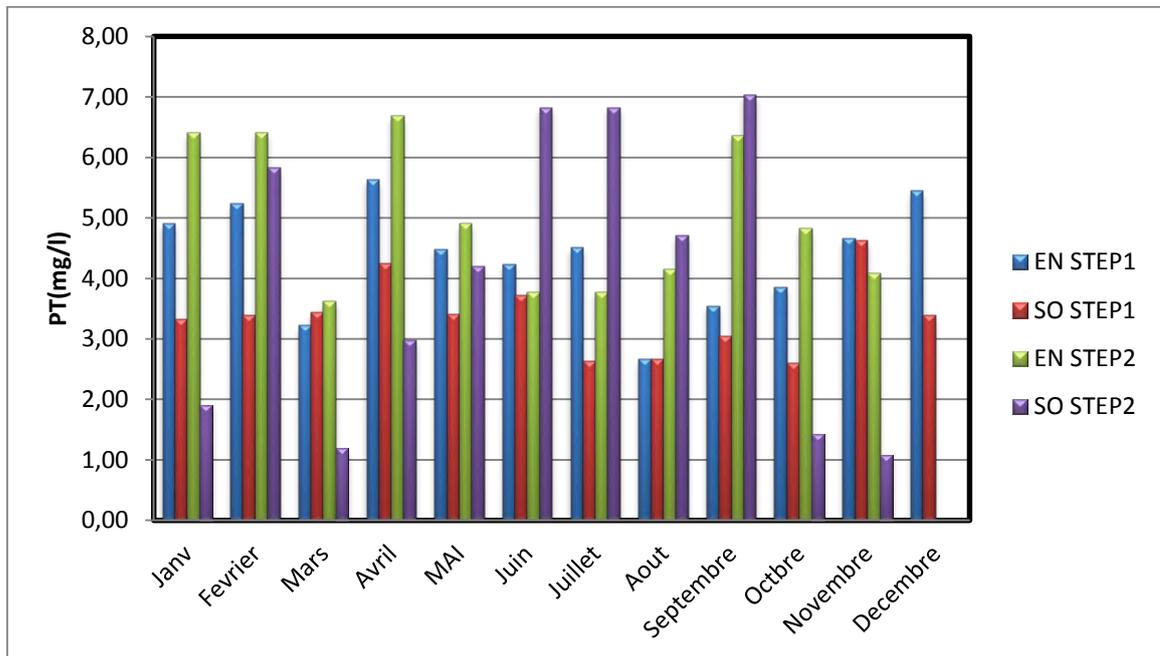


Figure IV. 10: Variation Spatio-temporelle de Phosphore totale (mg/l)

A-STEP1

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (IV.10), et le tableau (IV.18-annexe3). D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs des phosphore Totale PT varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 2.66 mg/1 à un maximum de 5.62 mg/1, avec une moyenne de **4.36mg/L** pour les eaux brutes, et entre 2.60mg/1 au mois d'octobre(L'automne) et 4.62 mg/1 au mois de novembre (L'automne) ,avec une moyenne de **3.36mg/L** pour les eaux traitées.

B-STEP2

D'après le tableau (IV.18-annexe3), les concentrations moyennes mensuelles de polluant PT pour les eaux usées brutes varient entre une concentration maximale de 6.68 mg/L, observée au mois d'Avril et une concentration minimale de 3.61 mg/L, observée au mois de Mars, avec une moyenne de **5.00mg/L**.

Chapitre IV Résultats et discussions

Pour les eaux traitées, les concentrations varient entre un maximum de 7.03mg/L observée au mois de Septembre et un minimum de 1.08 mg/L observé au mois de Novembre, avec une moyenne de **4.00mg/L** (figure IV.10).

Cette abaissement de concentration de phosphore dans l'eau traitée est causée par d'adsorption du substrat et l'absorption de PO_4^{3-} par le roseau aux besoins physiologiques.

C-DISCUSSION

Les valeurs moyennes de phosphore total des eaux usées traitées au niveau des STEPs sont conformes aux normes algériennes spécifiques de rejet direct dans le milieu récepteur (10 mg/L) (JORA, 2006) (Voir Annexe2, tableauI.8).

IV.4.3.Les paramètres inducteurs de la pollution organiques

IV.4.3.1.Variation spatio-temporelle des matières en suspension(MES)

Les MES, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. L'abondance des MES dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse. [5]

La figure(IV.11): représente la variation spatio-temporelle des matières en suspension des eaux usées à l'entrée et la sortie des stations d'épurations (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) durant l'année 2019.

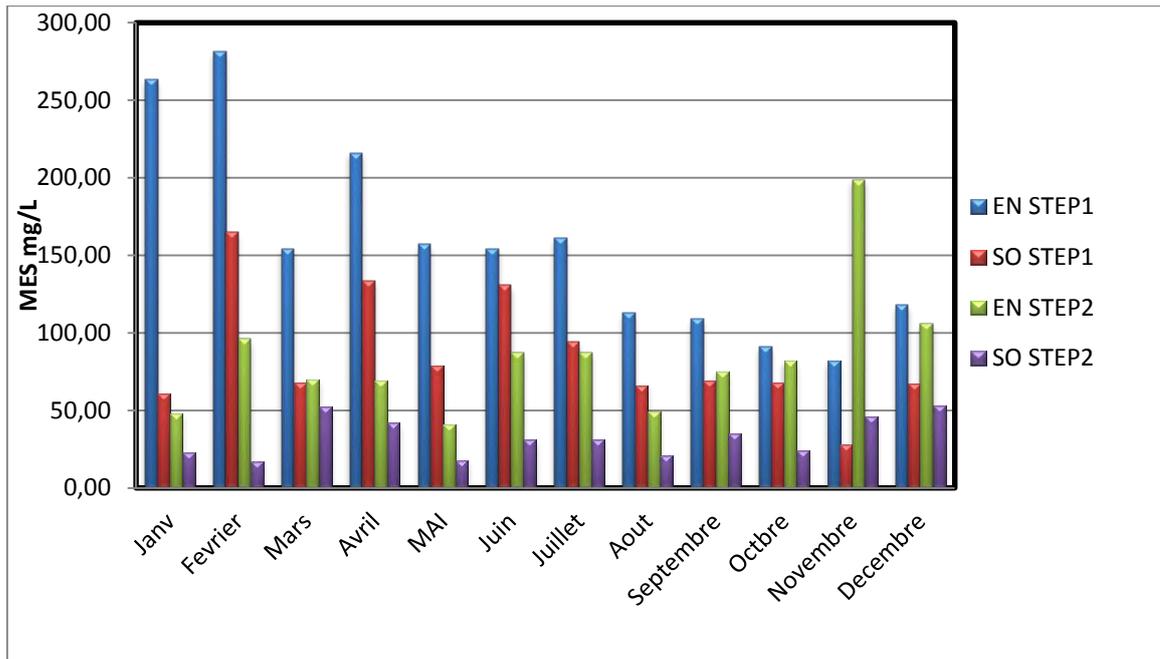


Figure IV. 11: Variation spatio-temporelle des matières en suspension (MES)

A-STEP1

La quantité de la matière en suspension a l'entrée de la station varie entre 82 mg/L et 281mg/L avec une moyenne de **158.18mg/L**, et à la sortie varie entre 28mg/L et de 165 mg/L avec une moyenne de **85.62mg/L**.

-Cette élimination est due à la décantation des matières décantables [55]. Il est cependant connu qu'il est difficile d'obtenir des valeurs plus faibles par le procédé du lagunage, surtout si les bassins de sortie sont le siège d'une intense photosynthèse. [61]

B-STEP2

D'après le tableau (IV.14-annexe3), Nous observons que les valeurs mensuelles des MES varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 41mg/L à un maximum de 198.5mg/L pour les eaux brutes, avec une valeur moyenne de **84.04mg/L** et de 17mg/L à 53mg/L avec une moyenne de **32.75mg/L** pour les eaux usées traitées

- La masse de la matière en suspension a nettement diminué. Ces importants résultats sont expliqués par le fait que le massif implanté par *Phragmites australis* permet une bonne élimination des matières en suspension et matières organiques dégradé par l'activité bactérienne au niveau des racines .La présence des roseaux empêche le colmatage et améliore

nettement la capacité de décantation, de plus sa densité présente un obstacle physique pour les particules et permet la clarification de l'eau qui était au départ trouble. [53]

C-DISCUSSION

Les valeurs enregistrées courant l'année 2019 (Tableau IV.14-annexe3), révèlent une réduction importante de MES entre les eaux usées brutes et traitées des stations d'épuration (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux). Cette réduction est due au système d'épuration utilisée dans chaque STEP.

► Les valeurs des MES à l'entrée des deux stations étaient distinctes : une valeur maximale de 198.5mg/l (mois de Novembre) dans la station de Filtre planté de roseaux et de 281mg/l (mois de février) dans la station de lagunage aéré (Figure IV.11). Cette différence montre la distinction de composition des eaux. A la sortie nous avons enregistré une valeur moyenne de MES (**32.75mg/L**) obtenu dans la station Filtre planté de roseaux (Figure IV.11), cette valeur est conforme aux normes algériennes des rejets 35 mg/l (**Jora 2006**) et légèrement supérieur aux limites distingué pour l'irrigation 30mg/l (**Jora 2012**). Cependant à la sortie de la station de lagunage aéré, la valeur moyenne de MES (**85.62mg/L**) est supérieure aux normes.

IV.4.3.2. Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel. [5]

La figure (IV.12), représente les résultats obtenus de la DCO des eaux usées brutes et traitées des STEPs (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) durant l'année 2019.

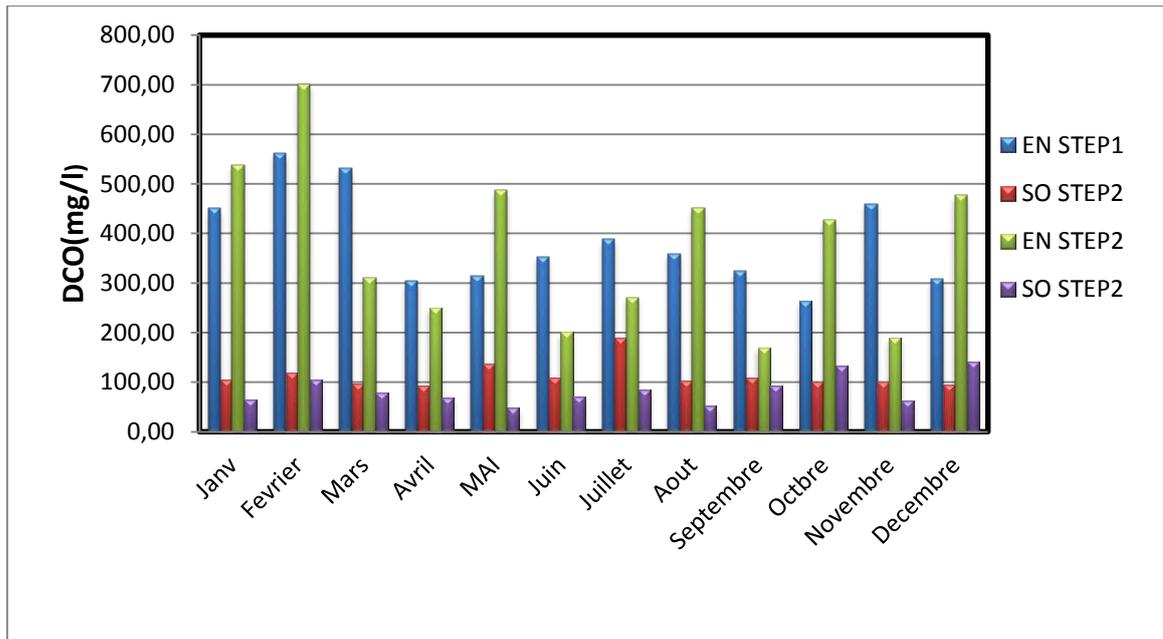


Figure IV. 12: Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO)

A-STEP1

La moyenne des valeurs mensuelles de la DCO pour les eaux à l'entrée est de **384.52 (mg/L)**, avec un minimum de 262.93 (mg/L) pendant le mois d'octobre et un maximum de 561 (mg/L) pendant le mois de février (voir tableau IV.12- annexe3). La valeur moyenne mensuelle de la DCO des eaux à la sortie de la station d'épuration est de **106.88 (mg/L)**, avec une moyenne variant respectivement de 93.55 (mg/L) au mois d'avril et 137.80 (mg/L) au mois de mai (Figure IV.12)

B-STEP2

Les valeurs de la DCO à l'entrée varient entre 170mg/L et 701 mg/L, avec une valeur moyenne de **372.75mg/L** et les valeurs à la sortie varient de 48.8mg/L à 142mg/l et une valeur moyenne de **83.81mg/L**

C-DISCUSSION :

Les concentrations de DCO obtenus dans les deux stations (Figure IV.12) sont conformes aux normes algériennes de rejets 120 mg/l (Jora 2006). Cependant, en comparant ces valeurs à celles préconisées par (JORA 2012) pour les eaux d'irrigation (< 90 mg/l) et aux normes de rejets de l'OMS (90 mg/l), nous apercevons que les eaux épurées venant de la station de

lagunage de Said Otha présentent des valeurs de DCO qui sont supérieures aux normes, dont la valeur moyenne était de **106.88mg/l**.

- L'élévation de la DCO a l'entrée des STEPs est probablement liée aux matières en suspension présentes dans l'eau. Comme tout milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre «d'autoépuration». Cependant, lorsque l'apport des substances indésirables est trop important et que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures. Elles se traduisent principalement par : Une diminution de la teneur en oxygène dissous, car plus la pollution organique est forte, plus le milieu concerné s'appauvrit en oxygène. [54]

IV.4.3.3.Variation spatio-temporelle de la demande biochimique en oxygène(DBO5)

La DBO exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau par les microorganismes du milieu. Ce paramètre est un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration [5].

-La figure(IV.13), représente les résultats obtenus de la DBO5 des eaux usées brutes et traitées des STEPs (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux) durant l'année 2019

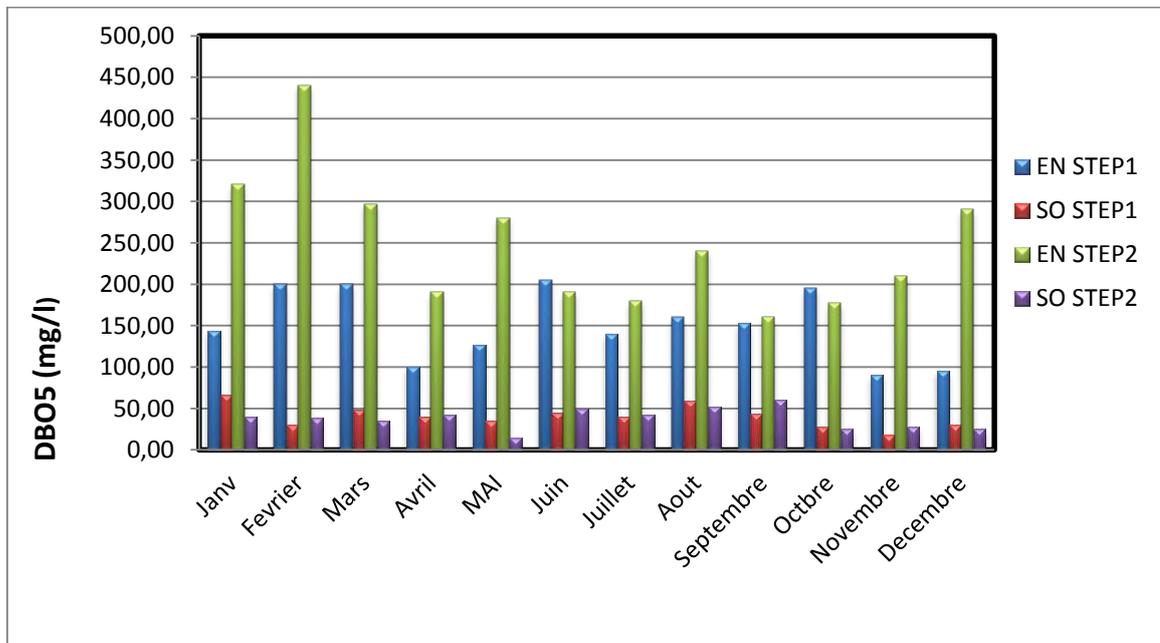


Figure IV. 13: Variation spatio-temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO5)

Chapitre IV Résultats et discussions

A-STEP1

La figure(IV.13), montre les valeurs mensuelles de la DBO5 enregistrées dans les eaux usées brutes de la station d'épuration par lagunage aéré qui varient de 90 mg/L à 205mg/L avec une valeur moyenne mensuelle de l'ordre de **150.7 mg/L**.

Pour les eaux traitées, on observe une variation de la DBO5 moyenne mensuelle entre 18.33 (mg/L) au Mois de Novembre et un maximum de 66.67 (mg/L) au mois de Janvier, avec une moyenne de **40.30 (mg/L)** sur toute l'année d'étude

B-STEP2

En ce qui concerne les eaux à l'entrée de la station, leur DBO5 moyenne mensuelle varie entre un minimum de 160(mg/L) au mois de Septembre et un maximum de 440 (mg/L) en février, avec une moyenne de **247.83 (mg/L)**. La valeur moyenne mensuelle de la DBO5des eaux à la sortie de la station d'épuration est de **37.60 (mg/L)**, avec une moyenne variant respectivement de 15(mg/L) au mois de Mai et 60(mg/L) au mois de septembre (voir tableau IV.13-annexe3)

C-DISCUSSION

Généralement la pollution est dégradée d'une manière significative, la chute de la DBO5 est très importante au niveau des STEPs cela due a la présence des algues et d'autres micro-organismes qui interviennent dans le processus de la dégradation ou la minéralisation de la matière organique contenue dans l'effluent. [9]

la valeur moyenne(**40.30mg/l**) des eaux traitées au niveau de la station d'épuration par lagunage aéré dépassant ainsi les normes de rejets mentionnées dans le journal officiel (35 mg/L) (**JORA, 2006**) (Voir tableau I.8 l'annexe2), et à celles de l'OMS appliquées en Algérie (Voir tableaux I.9 l'annexe2)fixée à (30 mg/L), ainsi qu'au-dessus aux normes extrêmes, limitées aux eaux d'irrigations algériennes (30mg/L) (**JORA, 2012**) (Voir tableau IV.4 l'annexe2).

D'autre part au niveau de la station d'épuration par filtre planté à écoulement verticale en remarque que la valeur moyenne (**37.66 (mg/l)**) à la sortie dépasse légèrement ces

Chapitre IV Résultats et discussions

limites. Ceci dénote l'efficacité de l'élimination de la pollution organique au niveau de la station.

L'augmentation de la concentration de la DBO5 a l'entrée des STEPs, est en relation avec la charge en matière organique biodégradable, elle est associée au maximum du développement de l'abondance bactériennes et une diminution de la teneur en oxygène suit à la consommation de ce dernier par les micro-organismes.

IV.5. Evaluation du rendement des stations d'épurations (STEP1-STEP2)

IV.5.1. Introduction

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

Le rendement épuratoire sera :

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

R : est le rendement pour un paramètre donné,

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

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

Grille dévaluation du rendement : [57]-[58]



-0-30% : on a faible rendement de la station d'étude.

-30-70% : on a moyen rendement de la station d'étude.

-70-100 : on a bon rendement de la station d'étude.

IV.5.2. Comparaison entre le rendement mesuré et le rendement de dimensionnement

L'estimation des rendements d'épuration permet d'apprécier les performances du traitement biologique à lagunage aéré et filtre planté de roseaux dans la pollution organique (**DCO**, **DBO**, **MES**).

Chapitre IV Résultats et discussions

On représente les résultats obtenue du rendement calculer et de rendement de dimensionnement (norme mondiale) de chaque STEP dans un histogramme et on le comparer

❖ STEP Lagunage aéré

Tableau IV.19 : Comparaison entre le rendement de dimensionnement et le rendement mesuré (Station Saïd otba)

Paramètre	Demande biochimique en O2	Demande chimique en O2	Matière en suspension
Rendement de dimensionnement en %	≥65%	≥60%	≥70%
Rendement mesuré en %	73%	72%	46%

❖ STEP Filtre planté de roseaux

Tableau IV.20 : Comparaison entre le rendement de dimensionnement et le rendement mesuré (Station N'goussa)

Paramètre	Demande biochimique en O2	Demande chimique en O2	Matière en suspension
Rendement de dimensionnement en %	≥84%	≥75%	≥85%
Rendement mesuré en %	85%	78%	61%

IV.5.3. Comparaison des rendements mesurés entre les deux stations (Lagunage aéré-Filtre planté de roseaux)

Le tableau ci-dessous représente le rendement moyen des paramètres indicateurs de la pollution organique des deux stations d'épuration Durant l'année d'étude (2019).

Tableau IV.19 : Rendements des deux stations (Saïd Otba-N'goussa)

Station lagunage aéré	Station Filtre planté de roseaux
------------------------------	---

Chapitre IV Résultats et discussions

MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
46%	72%	73%	61%	78%	85%

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de cette étude sont représentés par les figures suivantes.

STEP1

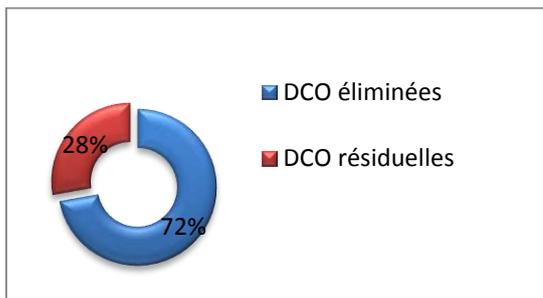


Figure IV. 14 : Taux d'abattement de la DCO

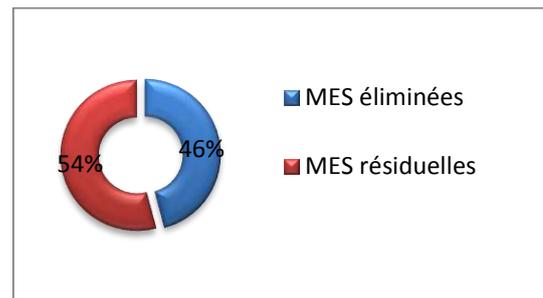


Figure IV. 15 : Taux d'abattement des MES

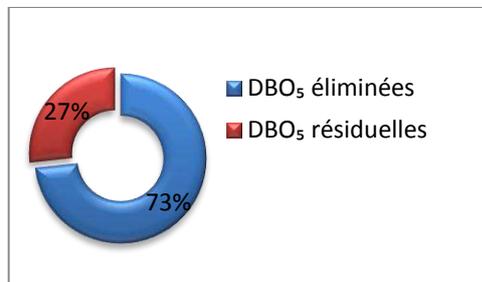


Figure IV. 16: Taux d'abattement de la DBO5

STEP2

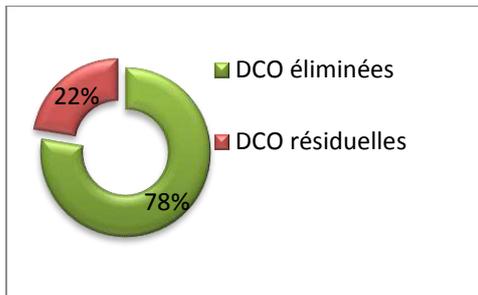


Figure IV. 17: Taux d'abattement de la DCO

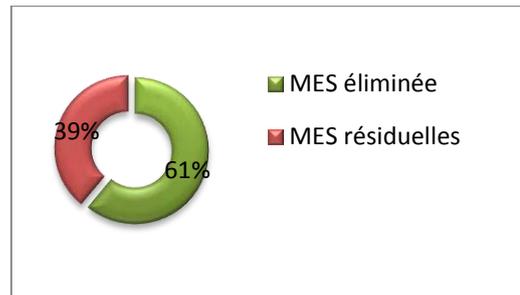


Figure IV. 18 : Taux d'abattement des MES

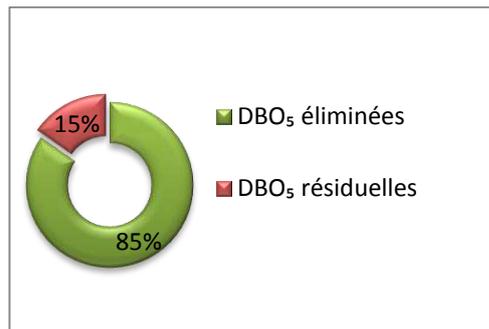


Figure IV. 19 : Taux d'abattement de la DBO5

➤ Rendements d'élimination des MES

D'après les figures(IV.15) et (IV.18) les taux d'abattement des MES après traitement dans le lagunage aéré est de (46%). Cependant les taux d'abattement des MES après traitement avec Filtre planté de roseaux est de

(61 %). Ces résultats montrent un rendement relativement moyen et une épuration efficace par les deux techniques d'épuration.

➤ Rendement d'élimination de la DCO et la DBO5

Chapitre IV Résultats et discussions

D'après les rendements calculés et représentés dans le tableau(IV.19) nous avons enregistré des valeurs d'abattement des DCO > 70% pour les deux stations, cela indique la bonne clarification par le traitement biologique et un rendement moyen vis-à-vis la grille d'évaluation. Tandis que pour la DBO₅, nous avons obtenu un pourcentage maximal de 85 % dans la station de Filtre planté de roseaux.

IV.6. CONCLUSION

L'évaluation de performance épuratoire sur la matière organique exprimé en MES, DBO₅ et DCO dans les deux stations d'épuration (lagunage aéré et Filtre planté de roseaux à écoulement vertical) montre que ces résultats obtenus nous paraissent plus ou moins acceptables pour les deux stations néanmoins elles nécessitent quelques améliorations surtout au niveau du traitement des matières en suspension (MES).

Tandis que le traitement à Filtre planté permet une bonne élimination de la matière organique qui mène à une bonne qualité d'épuration, avec un bon rendement pour le paramètre DBO₅ (85%)

Conclusion générale et recommandation

D'un point de vue qualité des eaux, la gestion intégrée du système d'assainissement (Réseau d'assainissement, station d'épuration et milieu naturel récepteur) permet d'optimiser le traitement des effluents. En effet, connaître la qualité des eaux sortant du réseau c'est connaître la qualité des eaux entrant dans la station d'épuration et c'est indispensable à la détermination des filières de traitement, ainsi qu'à leur dimensionnement.

Cette étude a permis de présenter un traitement des eaux usées, assuré par un réseau d'assainissement unitaire sous un climat aride à savoir la région de Ouargla, l'intérêt est porté plus particulièrement sur la comparaison entre deux techniques : Filtre planté à écoulement vertical commune N'goussa et lagunage aéré Saïd otba. Pour étudier l'aptitude de biodégradabilité des effluents des stations d'étude, on a calculé le rapport DCO/DBO5 qui nous a montré que les effluents entrants dans les deux STEPs sont facilement biodégradables DCO/DBO5 <3 et purement d'origine domestique, avec une observation qui a été remarquée le mois de novembre au niveau de la station Saïd otba où les effluents sont non biodégradables DCO/DBO5 >5. L'analyse des paramètres physico-chimiques et de pollution (DBO5, MES, DCO) est faite selon les normes en vigueur, les résultats obtenus montrent que les deux techniques de traitement des eaux usées ne permettent pas de diminuer la salinité de l'eau. La conductivité électrique ne peut donc pas observer de diminution notable lors du traitement.

Cette salinité est favorisée par l'évaporation, notamment dans la période estivale. Pour les matières en suspension (MES) on a distingué une diminution remarquable dans les deux stations notamment au niveau de la station de Filtre planté de roseaux (61%)

La station de Filtre planté de roseaux de N'goussa donne des bons résultats dans la diminution de la pollution azotée et présente des rendements significatifs de la DCO (78%) et de la DBO5 (85%) que ceux de la station de lagunage aéré.

A travers ces résultats, nous concluons que le procédé de Filtre planté de roseaux est plus efficace que le lagunage aéré, ainsi, nous pouvons rajouter que :

Malgré le temps de séjour relativement court, le système Filtre planté de roseaux fournissent des eaux épurées normalement claires et limpides avec une charge organique réduite par rapport à celle des eaux usées brutes, cette réduction se fait surtout par des processus

biologiques associés à la flore bactérienne et à la présence des roseaux et sans consommation d'énergie électrique ce qui prend un intérêt particulier.

A partir de cette étude il est recommandé de proposer des solutions complémentaires pour augmenter le rendement du traitement des eaux usées.

- Faire des analyses bactériologiques plus avancées comme le dénombrement des oeufs d'helminthes.
- Faire des études sur le milieu récepteur et en évaluer les impacts possibles de ces eaux.
- On recommande d'investir ces eaux usées traitées pour la réalisation des jardins et des espaces verts, car elles sont riches par les matières nécessaires pour les plantes.

❖ STEP1

- Ajouter une autre filière de traitement comme un filtre planté de roseaux en aval de la station lagunage aéré (association lagune – filtre planté) ou bien essayez de recouvrir 50% de la surface du bassin de décantation par les plantes aquatiques flottantes telles que Nénuphars afin d'éliminer les micro-algues et augmenter les rendements d'abattement des MES.
- Installations électrique solaires pour assurer une source d'énergie renouvelable afin de un bon fonctionnement des aérateurs.

❖ STEP2

- Raccordement du nouveau PR sur le PR de N'goussa centre.
- Nécessite d'alimenter les lits par bâchées pour assurer une répartition sur l'ensemble de la surface des lits (6 à 12 bâchées par jour par m²).
- Le volume d'eau de chaque bâchée doit être suffisant pour couvrir la totalité de la surface des filtres sur une hauteur de 2 à 5 cm.
- Débitmètre sur STEP (amont répartiteur) pour connaître le débit de pompage des PR et le volume d'eau journalier.
- Alimentation débitmètre et électrovannes par panneaux solaires.
- Mettre en place une séparation physique (bordure béton dépassant du massif de 30 cm environ) pour séparer physiquement les lits selon le zonage existant (4 filtres divisés en 3 zones chacun).

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- [1] : **Chaouch Noura** : Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées-Thèse Doctorat-Université Hadj lakhdar-Batna, 2014-P [1].
- [2] : **Ounoki S, Achour S** : Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux usées Brutes et Epurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation .Larlyss Journal, ISSN 1112-3680,n°20,Décembre 2014, pp,247-258.
- [3] : **ONA en chiffres** : Chiffres clés du mois de janvier 2020
- [4] : **Metahri Mohammed Said**. Elimination Simultanée de la pollution Azotée et Phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de TIZI-OUZOU.Thèse de doctorat –Université Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU.2012.P [5-7-8-9-27].
- [5] : **TABET Mouna** : Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration, Thèse Doctorat 3^{eme} cycle sciences Biologiques, Université 8 Mai 1945.Guelma.2015.P [4-16-17-18-19-20-21-22-68].
- [6] : **Jérôme Benoit, Vincent Dauphin, Thomas Ducroq** : Valorisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, Les synthèses techniques de l'office international de l'eau (2011), P [11].
- [7] : **Hammadi Belkacem** : Lagunage Aéré en zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influent ; Cas de la Région de Ouargla ; Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah –Ouargla, 2017, P [5-7-8-9-44].
- [8] : **Nora Noureddine**. Contribution a la Réduction du Cr(VI) par voie biologique .Effet de l'azote et du carbone. Thèse DE doctorat. Oran. Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf.2016-2017.P [17-18].
- [9] : **SAGGAI .Mohamed. Mounir**. Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla- Mém. Magister- Université kasdi Merbah- Ouargla p [5-8-45].
- [10] : **louise schriver-Mazzouli** : La gestion durable de l'eau , Ressources-Qualité-Organisation.DUNOD,Paris,2012-P[107-127-128].
- [11] : - **Mor Lo & Omar Dème**, 2005, «Assainissement des eaux uses de Ouakam mise en place d'un système semi-collectif», Mém. Ing de conception, Univ. Cheikh Anta Diop De Dakar République de Sénégal-P [21].
- [12] : **Batoul Benkaddour**-contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif(Algérie)-Thèse doctorat-université de perpignan via DOMITA , et université de MOSTAGANEM.2018-P[14-15-17]

- [13] : **Bonn,F,(2003)**Ecologie physique des bassins versants(GEO400)-Chapitre8 ::Erosion et pollution diffuse
- [14] : **GOTZ.C.W, ROBER ; KASE(2011)**.Micropolluants-Systèmes d'évacuation de la qualité des eaux usées au vu des composés, traces organiques issus de l'assainissement communal :-Etude réalisée sur mandat.
- [15] : **Hadj-Sadok,Z.M ,1999**-Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ;prise en compte des incertitudes :application au traitement de l'eau.
- [16] : **Ouali, M.S.2001, cours** de procédés unitaire biologiques et traitement des eaux. Offices des publications universitaires, Algérie.
- [17] :**Henze.M.1992**.Characterization of wastewater for modelling of activated sludge processes.Wat.sci.tech.vol 25,6,pp(1-15).
- [18] :**Gaid.A.** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Office de publication universitaires, Algérie.
- [19] :**Zahir Bakiri** :Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques :Expérimentation et modélisation :Mem MAGISTER-Université Ferhat ABBAS-Setif-2007-P[17-18-19-20].
- [20] : **Laabassi Ayache** : L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes .Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif .2016.P [5-10-27-29-31-42-63].
- [21] :**M^{elle}Labadi khadija-M^{elle}Moukar meriem** :Etude des performances de la station de traitement des eaux usées urbaines par lagunage de la ville de Ouargla-Mem-Ingénieur d'état-Université Kasdi merbah-Ouargla-2010-P[3-5-6-11-12-13-17-37]
- [22] :**Mamodou Lamine Ndiaye** :Impacts des eaux usées sur la chimie et la microbiologique des sols-Etude de cas à pikine(Dakar-Sénégal)-Editions universitaires européennes-2010-P
- [23] : **Amiri Khaled.** Contributional'évaluationetautraitementdeseauxusées dans le sud est du Sahara Algérien, Application au sud de la région d'oued righ(Touggourt)-Thèse Doctorat-Université Kasdi Merbah- Ouargla.2019-p [15].
- [24] :**Rodier, J., Legube, B., Merlet, N.et Coll., (2009)**: L'analyse de l'eau, 9^e édition, ISBN : 978-2-10-054179-9, DUNOD, Paris, P [998].
- [25] : **ABIBSI Nadjjet** : réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantés (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra. Mémoire de magister, Université Mohamed khider-Biskra.2011.p [9-13-68, 70,105].
- [26] : **Sophie Vandermeesch** :Etude comparative de l'efficacité des traitement d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Diplôme d'études spécialisées en gestion d'environnement, Université libre de Bruxelles(2006), P[5].

- [27] : **JORA** (2010) : Décret exécutif n° 10-23 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les caractéristiques techniques des système d'épuration des eaux usées, Art.2et5.
- [28] : **Bouhanna Amel** . Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie Saharienne. Diplôme magistère, Université de kasdi merbah, Ouargla-2013-.P [6-9]
- [29] : **Raymond,Desjardins. 1997.** Le Traitement des eaux ,2^{ème} édition revue améliorée, imprimé au cannada. P 40.
- [30] : **Bernard BAUDOT ET Prudencio PERERA** ,GUIDE, 2001. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités(500-5000 eq-hab) Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Office International de l'Eau.
- [31] :**Hakima El Haité** : Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation-These Doctorat-Ecole Nationale Superieure des mines-SAINT-ETIENNE-12 Avril 2010-P[44-46-47-51]
- [32] : **PEYRAUT Typhaine**, 2011, pp114. État de l'art sur la technique « filtres plantés de roseaux » pour l'épuration domestique en Adour-Garonne. Rapport de stage à destination de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, Université de Limoges.P[7].
- [33] : **M^r:Nader Abdelkader.** Eaux épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux. Thèse Magistère. Université Kasdi Merbah Ouargla. Année 2014, P [31-32].
- [34] : **UNESCO-Traitement des eaux par lagunage –Aout 2008.**
- [35] : **ARABI Mourad** :Etude comparative entre les procédés de traitement des eaux usées Au niveau de la region orientale,Projet de Fin d'études, Université MED 1^{ER} Faculté des sciences-Oujda, MAROC N^o :34/2011 P[23-24-25-26]
- [36] : **Jean-Marc Berland** :**Techniques de l'ingénieur de référence C-5223**,(2014),Traitement des eaux résiduaires des agglomération, Filières extensives ,P[12-13-25]
- [37] : **Hatem Dhaouadi** : Traitement des eaux usées urbain–Les procédés biologique d'épuration, Université virtuelle Tunis, 2008, P [16-17]
- [38] : **M.Benyagoub,M.Adjim,Poet F.Bensaoula**,L'épuration des eaux usées par macrophytes ,Proceeding du séminaire international sur l'hydrogéologie et l'Environnement SIHE 2013 Ouargla.
- [39] : **Oubadi, Miloud** : Etude de performance d'un procédé d'épuration OXYLAG « cas du lagunage de la ville de mekmen ben ammar wilaya de Naama », diplôme de Magister, Université ES Senia d'oran, 2012, P[24-25-26-27]

- [40] : **Ministère de l'environnement et de cadre de vie et Agence de bassin LOIRE-BRETAGNE** : Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités P [19- 22-24].
- [41] : **Mancer Halima** : Analyse du pouvoire epurateur de quelques plantes macrophytes dans les regions Arides, Mémoire de Magister ;Université Mohamed Khider-Biskra-2010-P[27-30-32-39-40].
- [42] : **Jean Grunenberger** : Fonctionnement et diagnostic des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical,Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES,Juillet ; 2012, P[19].
- [43] : **Fatima zohra bouzit** : Etude d'un mécanisme de traitement des eaux superficielles à base des plantes végétales,Mémoire de Magister,Université 8 mai 1945,Guelma, 2012,P[39].
- [44] : **Mlle. BOUKHECHBA Zoulikha,Mlle. HARROUZ Yasmina** :Étude des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de Ksar de M'raguen, MEMOIRE DEMASTER,UNIVERSITE AHMED DRAIA ADRAR,2017,P[26].
- [45] : **Zobiedi Ammar** : Epuration des eaux usées par lagunage Aéré en zone aride-Cas de la Région d'el-oued. Paramètres influents et choix des conditions optimales –Thèse Doctorat-Université Kasdi merbah-Ouargla-2017-P [27-28-29-64]
- [46] : **OMS.1989**.L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaire. Organisation Mondiale de la santé. Série de rapports techniques, n°778 ,OMS,Genève,Suisse.
- [47] : **Khacheba Rafika, Hartani Tarik** : Etude de l'application d'un traitement tertiaire complémentaire sur les eaux usées épurées de lagunage aéré de Ouargla en vue de réutilisation agricole en milieu aride.SAGREN vol 01, N°1, mai 2017.7p.
- [48] : **Mme Faten SEMADI** :FAISABILITE DU TRAITEMENT DES EAUX D'UN OUED CHARGÉ EN ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES (ETM) PAR FILTRES PLANTÉS DE MACROPHYTES (*Phragmitesaustralis*) : CAS DE L'OUED MEBOUDJA,Thèse doctorat,UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA.2010, P[43-44].
- [49] : **Chaouki Hamid, Lahcen El watik, Youssef Ramchoun** : Étude des performances épuratoires de la technique du langage aéré appliqué à la station deperuration de la Ville d'Errachidia – Maroc- Afrique SCIENCE 10(2) (2014) P[177-179].
- [50] : **C.Boutin, D.Esser, P.Molle** ; Les filtres et lit plantés de roseaux en traitement d'eaux usées domestiques. Perspectives pour le traitement d'eaux pluviales, Mar 2000.
- [51] : **M.benslimane, T.Mostephaoui, A.Hamimed** : Performances épuratoires et intérêt du procédé de phytotraitement des eaux usées par des végétaux macrophytes. Courier du savoir .N°17 , Décembre 2013, pp.47-51

[52] : **O. El Hachemi, H.El Halouni ,M.Meziane** :Etude des performances Epuratrices dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique(Oasis de Figuig-Maroc) :Aspect Bactérie et Organique. Vol 6 ;N°1,P84-97, el Hachemi et al,2012

[53] : **M^{LLE} Derradji Manel** : Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées : Stratégie et application. Thèse doctorat, Université BADJI MOKHTAR- ANNABA.2015 P [64-65].

[54] : **M^{me} Zaimeche Saida** : Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bioindicateurs, Diplôme doctorat en sciences, Université des Frères Mentouri, Constantine, 2015 P [43-44-46].

[55] : **Hamaidi-Chergui F. Zoubiri A.F,Hamaidi M.S** : Evolution de l'efficacité de la Station D'épuration de Medea(Algerie) . Larlyss Journal,ISSN 1112-3680,n°26, Juin 2016 , pp.113-128.

[56] : **A.Chadli, H.Benhassaini, F.Dakar** : Evaluation des performances auto-épuration d'une zone de rejet végétalisée impactée par des eaux usées domestiques.

Algerian Journal of environnement science and technology , June edition. Vol.6.N°2. (2020).

[57] :**J.M.Choubert.S.Martin-Ruel,H.Budzinski** :Evaluer les rendements des stations d'épuration- Apports méthodologiques et résultats por les micropolluants en filières conventionnelles et avancées : Extrait numérique de technique sciences Méthodes n°1/2 de 2011.P[47]

[58] : **BENFIALA ISSAM, HAOLI ZOUHIR** : Le rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma, Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar-ANNABA.2017-P [79]

[59] :**JORA., (2006)** :Journal officiel de la république Algérienne : Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur.

[60] :**JORA., (2012)** : Journal officiel de la république Algérienne : 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 02 Janvier 2012.

[61] :**Ahmed RASSAM1, Abdelaziz CHAOUCH1, Brahim BOURKHISS1** :

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

[63] :**M.YOUB.Okkacha** : Epuration des eaux usées par lagunage Naturel : Etude de la performance di dispositif de traitement des eaux usées par lagunage naturel de ain Ouarka de Naama-Mém de magister-Université D'oran-2008-P[36].

[64] : **O.N.M.** Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (2019).

- [65] : **A.P.D** : Station d'épuration des eaux usées Ouargla-Manuel d'exploitation-Annexe 5.
- [66] : **A.P.D** : Station d'épuration de N'goussa-Mémoire technique.
- [67] : **Rémi lombard-Latune** : Innover pour les services d'assainissement en zone tropicale : Approche technique par filtres plantés de végétaux et accompagnement par modélisation participative-Thèse de Doctorat-Université de Lyon-2019-P [74].
- [68] : **ONA.2009**.Projet de la remontée des eaux de la nappe de la vallée de Ouargla. Office national de l'assainissement, Algérie.
- [69] : **STEP N'Goussa** : Une station 100% verte (ONA).
- [70] : **DJEDDI- HANSA** : Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines.Mémm de Magistère-Université Mentouri Constantine, 2006-P [105].
- [71] : **Ouafae El Hachemi** :Traitement des eaux usées par lagunage Naturel en milieu désertique(oasis de Figuig) :Performances Epuratoires et aspect phytoplanktonique, Thèse de doctorat, Université Mohammed Premier Oujda-Maroc-2012-P[33].
- [72] : **Nedjah.Nawel** :Dephosphatation physico-chimique et biologique des eaux usées-Thèse doctorat-Université Badji Mokhtar-Annaba-2016-P [12].
- [73] : **FAO, 2003** : L'irrigation avec des eaux usées traitées

المراجع باللغة العربية

- [62]-**العابد إبراهيم**. معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية. أطروحة لنيل شهادة دكتوراه علوم- جامعة قاصدي مرباح-ورقلة-2015.

Annexes

Annexes

Annexe 01

Tableau I.1: Classification des substrats polluants

Classification selon	Polluants
<p>Taille</p> <p>Pouvoir de dégradation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matière décantables ou flottants • Matières fines en suspension • Matières colloïdales • Matières soluble • Matières biodégradables <ul style="list-style-type: none"> -aisément dégradables -lentement dégradables • Matières non-biodégradables
<p>Structure chimique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matières organiques • Matières inorganiques

Tableau I.4 : Procédés et techniques biologiques d'épuration [10].

Procédés biologiques aérobies	Procédé sans support culture libre	-Boues activées -Procédés membranaires
	Procédés avec support culture fixée	-Lits bactériens -Biofiltration -Disques biologiques
Procédés biologiques anaérobies	Culture libre	-Bassin de méthanisation -Réacteur à contact anaérobie -Réacteur à compartiments -Réacteur UASB
	Culture fixée	-Filtre anaérobie -Lit fluide

Annexe 02

Tableau I.8 : Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
PH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg /l
DBO5	35	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Aluminium	03	mg/l
Cadmium	0,2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0,01	mg/l
Nickel total	0,5	mg/l
Plomb total	0,5	mg/l
Cuivre total	0,5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et Grasses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg /l
Indice phénols	0,3	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Etain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l
(*)Chrome III+	03	mg/l
(*)Chrome VI+	0,1	mg/l
(*)Solvants organiques	20	mg/l
(*)Chlore actif	1,0	mg/l
(*)PCB	0,001	mg/l
(*)Détergents	2	mg/l
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg/l

Source : Journal Officiel de la République

Algérienne Démocratique et Populaire, 2006

Tableau I.9 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie [21].

Caractéristiques	Unité	Normes Utilisées(OMS)
pH	-----	6.5-8.5
DBO ₅	mg/L	30
DCO	mg/L	90
MES	mg/L	30
O ₂	mg/L	5
Zinc	mg/L	2
Chrome	mg/L	0.1
Azote total	mg/L	50
Température	°C	30
Phosphates	mg/L	2
Détergent	mg/L	1

Tableau I.10 : Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation [21]-[5]

Paramètres	Valeurs limites de rejet pour l'irrigation (FAO, 2003)	Valeurs limites de rejet pour l'irrigation (OMS, 1989)
Température (°C)	35	
pH	6.5 à 8.5	
Conductivité électrique (ms/cm)	3	< 3
MES (mg/l)	/	< 30
DCO (mg/l)	/	< 40
DBO ₅ (mg/l)	<25	< 30
NO ₃ (mg/l)	/	< 50
NO ₂ (mg/l)	<3	< 1
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	/	< 0.94
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<3	<2
Azote kjeldahl	/	/
Azote total (mg/l)	<50	<50
Phosphore total	/	/
Phosphates (mg/l)	<0.2	<0.2

Tableau IV. 4: les normes de rejets des eaux usées urbaine
(Journal officiel algérien N°41,2012)

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 = $\sigma - 3 \cdot CE$		0.2		
	3 - 6		0.3		
	6 - 12	ds/m	0.5		
Chimiques	12 - 20		1.3		
	20 - 40		3		
	DBO5	mg/l	30		
	DCO	mg/l	90		
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10		
Eléments toxiques (*)	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30		
	Bicarbonat (HCO3)	meq/l	8.5		
	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		
	Mercure	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			

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Annexe 3

Tableau IV. 5: Les résultats globaux des analyses physico-chimique des eaux usées STEP Said otba

Paramètre Mois		Débit moy m ³ /j	T(C°)	Ph	CE µs/cm	O ₂ (dissous) mg/l	MES mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	N- NH ₄ ⁺ mg/l	PT mg/l	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	Sal mg/l
Jan 2019	En	38922	20.75	7.31	23637	0.75	263.00	0.25	0.90	34.40	4.90	450.0	143.33	14455
	So	33880	17.79	7.26	22300	0.79	61.00	0.08	0.27	35.80	3.32	106.0	66.67	13309
Fév 2019	En	36247	19.36	7.26	37179	0.88	281.00	0.25	0.77	21.40	5.24	561.00	200.00	25767
	So	33401	15.68	7.32	28635	1.35	165.00	0.06	0.02	30.51	3.38	120.1	30.00	25685
Mar 2019	En	33262	22.22	7.29	38838	1.88	154.00	0.12	0.19	31.27	3.22	531.0	200.00	24829
	So	30792	18.57	7.39	36952	1.31	67.50	0.06	0.52	43.60	3.43	97.50	48.00	23167
Avr 2019	En	32437	24.52	7.34	49782	0.96	216.00	0.02	0.46	39.28	5.62	304.0	100.00	34014
	So	28797	21.55	7.48	45282	0.83	133.50	0.11	0.06	42.30	4.24	93.55	40.00	30818
Mai 2019	En	40149	28.26	7.70	15649	0.70	157.00	0.11	0.18	25.40	4.48	314.33	126.67	9211
	So	37282	25.38	7.97	15282	1.99	78.67	0.05	0.15	29.60	3.40	137.80	35.00	8986
Jui	En	35345	30.35	7.30	40865	0.36	154.00	0.09	1.27	29.20	4.23	353.20	205.00	24155

2019	So	32467	28.76	8.02	43280	1.83	130.50	0.07	1.98	27.80	3.71	109.40	45.00	27980
Juill	En	35345	33.10	7.30	27200	0.47	161.00	0.15	0.70	31.75	4.50	387.50	140.00	16900
2019	So	32467	31.70	7.78	37200	1.02	94.00	0.19	0.32	24.92	2.62	109.15	40.00	23700
Aout	En	39065	31.82	7.31	20951	0.26	112.50	0.06	0.21	24.20	2.66	359.00	160.00	13032
2019	So	36430	28.84	7.99	16213	1.00	65.67	0.05	0.12	25.20	2.66	102.87	58.67	9623
Sep	En	42517	30.08	7.45	16019	0.90	109.00	0.13	0.59	30.40	3.54	324.00	153.33	9414
2019	So	39528	25.96	7.66	15205	1.90	69.00	0.09	0.42	29.80	3.04	109.07	44.00	8960
Oct	En	42229	28.54	7.52	16895	0.59	91.00	0.90	0.20	30.60	3.84	262.93	195.00	10136
2019	So	39970	23.62	7.64	15287	1.39	67.67	0.42	0.04	29.80	2.60	100.73	28.00	8968
Nov	En	33190	23.27	7.51	41800	1.01	82.00	0.23	0.66	36.80	4.66	460.00	90.00	23860
2019	So	35408	18.19	7.85	34882	6.02	28.00	0.04	0.37	35.40	4.62	102.00	18.33	21740
Déc	En	38409	21.63	7.28	11935	1.90	117.67	0.16	0.25	33.40	5.44	307.33	95.00	7500
2019	So	36760	15.52	7.48	13074	2.83	67.00	0.50	0.47	38.20	3.38	94.40	30.00	7810

Tableau IV. 6: Les résultats globaux des analyses physico-chimique des eaux usées STEP N'goussa.

Paramètre		Débit moy m ³ /j	T(C°)	Ph	CE µs/cm	O ₂ (dissous) mg/l	MES mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	N- NH ₄ ⁺ mg/l	PT mg/l	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	Sal mg/l
Mois														
Jan 2019	En	900	16.70	7.53	4640	0.9	48.00	0.137	0.504	52.7	6.40	538.00	320.00	2400.00
	So	800	14.30	8.09	6100	3.0	23.00	0.030	0.345	25.5	1.90	64.5	40.00	3300.00
Fév 2019	En	900	13.70	7.32	4650	1.0	96.00	0.19	0.56	54.30	6.41	701.00	440.00	2400.00
	So	800	14.40	7.21	5680	1.1	17.00	0.36	0.95	42.70	5.82	106.00	38.00	3000.00
Mar 2019	En	900	21.20	7.69	8070	0.9	70.00	0.13	0.32	36.90	3.61	310.00	297.00	4500.00
	So	800	20.90	7.20	6023	1.2	52.00	0.17	0.59	18.30	1.19	78.40	35.00	3300.00
Avr 2019	En	900	21.00	7.73	5890	1.3	69.00	0.08	0.37	40.50	6.68	250.00	190.00	3200.00
	So	800	21.00	6.97	5980	4.2	42.00	0.14	0.69	19.70	2.98	68.80	42.00	3200.00
Mai 2019	En	900	27.30	7.35	6080	0.5	41.00	0.066	0.27	43.30	4.9	487.00	280.00	3300.00
	So	800	26.80	7.27	6300	0.6	18.00	0.105	0.49	30.20	4.2	48.80	15.00	3400.00
Jui 2019	En	900	31.30	7.44	6800	0.2	87.00	-	0.53	41.80	3.77	201.00	190.00	3800.00
	So	800	31.00	7.19	5100	0.3	31.00	-	0.94	21.40	6.82	71.60	50.00	2700.00

Juill 2019	En	900	34.30	7.39	4730	0.5	87.00	-	0.53	38.01	3.77	270.00	180.00	2500.00
	So	800	32.90	8.05	4740	1.0	31.00	-	0.94	15.00	6.82	85.00	42.00	2500.00
Aout 2019	En	900	33.00	7.19	4140	0.2	49.00	0.099	0.420	44.60	4.15	451.00	240.00	2100.00
	So	800	32.00	7.22	5270	0.7	21.00	0.170	0.82	19.10	4.70	52.00	51.30	2800.00
Sep 2019	En	900	26.00	7.40	4940	0.2	75.00	0.235	0.652	68.80	6.36	170.00	160.00	2600.00
	So	800	26.70	7.70	5100	0.2	35.00	0.152	0.54	43.90	7.03	93.10	60.00	2700.00
Oct 2019	En	900	30.10	7.34	6340	2.6	82.00	0.121	0.387	50.30	4.82	428.00	177.00	3300.00
	So	800	26.70	8.09	5080	2.8	24.00	0.110	0.16	35.80	1.42	133.00	25.00	2500.00
Nov 2019	En	900	15.00	7.34	5370	1.2	198.50	0.079	0.306	53.70	4.08	190.00	210.00	2800.00
	So	800	14.50	7.36	4660	1.5	46.00	0.116	0.15	31.02	1.08	62.60	28.00	2400.00
Déc 2019	En	900	12.70	7.29	5490	1.8	106.00	0.222	1.2	55.30	-	477.00	290.00	2900.00
	So	800	16.70	7.39	5590	5.7	53.00	0.050	0.925	35.90	-	142.00	25.00	3000.00

Tableau IV. 7: Variation du Débit moyen des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	STEP1		STEP2	
		Débit moy (m ³ /j)-(E)	Débit moy (m ³ /j)-(S)	Débit moy (m ³ /j)-(E)	Débit moy (m ³ /j)-(S)
L'hiver	December 2019	38409	36760	900	800
	Janvier 2019	38922	33880	900	800
	Fevrier 2019	36247	33401	900	800
Le printemps	Mars 2019	33262	30792	900	800
	Avril 2019	32437	28797	900	800
	Mai 2019	40149	37282	900	800
L'été	Juin 2019	35345	32467	900	800
	Juillet 2019	35345	32467	900	800
	Aout 2019	39065	36430	900	800
L'automne	Septembre 2019	42517	39528	900	800
	Octobre 2019	42229	39970	900	800
	November 2019	33190	35408	900	800
Valeurs moyennes		37260	34715.16	900	800

Tableau IV. 8: Variation de la Température moyenne des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	STEP1		STEP2	
		Temp moy(°C)/(E)	Temp moy(°C)/(S)	Temp moy(°C)/(E)	Temp moy(°C)/(S)
L'hiver	Décember 2019	21.63	15.52	12.70	16.70
	Janvier 2019	20.75	17.79	16.70	14.30
	Fevrier 2019	19.36	15.68	13.70	14.40
Le printemps	Mars 2019	22.22	18.57	21.20	20.90
	Avril 2019	24.52	21.55	21.00	21.00
	Mai 2019	28.26	25.38	27.30	26.80
L'été	Juin 2019	30.35	28.76	31.30	31.00
	Juillet 2019	33.10	31.70	34.30	32.90
	Aout 2019	31.82	28.84	33.00	32.00
L'automne	Septembre 2019	30.08	25.96	26.00	26.70
	Octobre 2019	28.54	23.62	30.10	26.70
	November 2019	23.27	18.19	15.00	14.50
Valeurs moyennes		26.16	22.63	23.52	23.15

Tableau IV. 9 : Variation de pH des eaux usées brutes et traitées dans le temps

Saisons	Mois	STEP1		STEP2	
		PH (E)	PH(S)	PH(E)	PH(S)
L'hiver	December 2019	7.28	7.48	7.29	7.39
	Janvier 2019	7.31	7.26	7.53	8.09
	Fevrier 2019	7.26	7.32	7.32	7.21
Le printemps	Mars 2019	7.29	7.39	7.69	7.20
	Avril 2019	7.34	7.48	7.73	6.97
	Mai 2019	7.70	7.97	7.35	7.27
L'été	Juin 2019	7.30	8.02	7.44	7.19
	Juillet 2019	7.30	7.78	7.39	8.05
	Aout 2019	7.31	7.99	7.19	7.22
L'automne	Septembre 2019	7.45	7.66	7.40	7.70
	Octobre 2019	7.52	7.64	7.34	8.09
	November 2019	7.51	7.85	7.34	7.36
Valeurs moyennes		7.38	7.65	7.42	7.48

Tableau IV. 10 : Variation de la conductivité électrique des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP(2)	
		CE (E) µs/cm	CE (S) µs/cm	CE (E) µs/cm	CE (S) µs/cm
L'hiver	December 2019	11935	13074	5490.00	5590.00
	Janvier 2019	23637	22300	4640.00	6100.00
	Fevrier 2019	37179	28635	4650.00	5680.00
Le printemps	Mars 2019	38838	36952	8070.00	6023.00
	Avril 2019	49782	45282	5890.00	5980.00
	Mai 2019	15649	15282	6080.00	6300.00
L'été	Juin 2019	40865	43280	6800.00	5100.00
	Juillet 2019	27200	37200	4730.00	4740.00
	Aout 2019	20951	16213	4140.00	5270.00
L'automne	Septembre 2019	16019	15205	4940.00	5200.00
	Octobre 2019	16895	15287	6340.00	5080.00
	November 2019	41800	34882	5370.00	4660.00
Valeurs moyennes		28396	26966	5595	5468.6

Tableau IV. 11 : Variation de L'oxygène dissous des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisous	Mois	STEP1		STEP2	
		O2(dissous)(E)	O2(dissous)(S)	O2(dissous)(E)	O2(dissous)(S)
L'hiver	Décembre 2019	1.90	2.83	1.8	5.7
	Janvier 2019	0.75	0.79	0.9	3.0
	Fevrier 2019	0.88	1.35	1.0	1.1
Le printemps	Mars 2019	1.88	1.31	0.9	1.2
	Avril 2019	0.96	0.83	1.3	4.2
	Mai 2019	0.70	1.99	0.5	0.6
L'été	Juin 2019	0.36	1.83	0.2	0.3
	Juillet 2019	0.47	1.02	0.5	1.0
	Aout 2019	0.26	1.00	0.2	0.7
L'automne	September 2019	0.90	1.90	0.2	0.2
	October 2019	0.59	1.39	2.6	2.8
	November 2019	1.01	6.02	1.2	1.5
Valeurs moyennes		0.89	1.85	0.94	1.86

Tableau IV. 12 : Variation de la (DCO) des eaux brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP (2)	
		DCO (E) mg /L	DCO (S) mg/L	DCO (E) mg/L	DCO (S) mg/L
L'hiver	Décembre 2019	307.33	94.40	477.00	142.00
	Janvier 2019	450.00	106.00	538.00	64.5
	Fevrier 2019	561.00	120.10	701.00	106.00
Le printemps	Mars 2019	531.00	97.50	310.00	78.40
	Avril 2019	304.00	93.55	250.00	68.80
	Mai 2019	314.33	137.80	487.00	48.80
L'été	Juin 2019	353.20	109.40	201.00	71.60
	Juillet 2019	387.50	109.15	270.00	85.00
	Aout 2019	359.00	102.87	451.00	52.00
L'automne	September 2019	324.00	109.07	170.00	93.10
	October 2019	262.93	100.73	428.00	133.00
	November 2019	460.00	102.00	190.00	62.60
Valeurs moyennes		384.52	106.88	372.75	83.81

Tableau IV. 13 : Variation de la (DBO5) des eaux brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP(2)	
		DBO5(E) mg/L	DBO5(S) mg/L	DBO5(E) mg/L	DBO5(S) mg/L
L'hiver	Décomber 2019	95.00	30.00	290.00	25.00
	Janvier 2019	143.33	66.67	320.00	40.00
	Fevrier 2019	200.00	30.00	440.00	38.00
Le printemps	Mars 2019	200.00	48.00	297.00	35.00
	Avril 2019	100.00	40.00	190.00	42.00
	MAI 2019	126.67	35.00	280.00	15.00
L'été	Juin 2019	205.00	45.00	190.00	50.00
	Juillet 2019	140.00	40.00	180.00	42.00
	Aout 2019	160.00	58.67	240.00	51.30
L'automne	September 2019	153.33	44.00	160.00	60.00
	October 2019	195.00	28.00	177.00	25.00
	November 2019	90.00	18.33	210.00	28.00
Valeurs moyennes		150.70	40.30	247.83	37.60

Tableau IV. 14 ; Variation de MES des usés brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP(2)	
		MES (E) mg/L	MES(S) mg/L	MES(E) mg/L	MES(S) mg/L
L'hiver	Décomber 2019	117.67	67.00	106.00	53.00
	Ganvier 2019	263.00	61.00	48.00	23.00
	Fevrier 2019	281.00	165.00	96.00	17.00
Le printemps	Mars 2019	154.00	67.50	70.00	52.00
	Avril 2019	216.00	133.50	69.00	42.00
	Mai 2019	157.00	78.67	41.00	18.00
L'été	Juin 2019	154.00	130.50	87.00	31.00
	Juillet 2019	161.00	94.00	87.00	31.00
	Aout 2019	112.50	65.67	49.00	21.00
L'automne	September 2019	109.00	69.00	75.00	35.00
	October 2019	91.00	67.67	82.00	24.00
	November 2019	82.00	28.00	198.50	46.00
Valeurs moyennes		158.18	85.62	84.04	32.75

Tableau IV. 15 : Variation de N-NH₄⁺ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP (2)	
		N-NH ₄ ⁺ (E) mg/l	N-NH ₄ ⁺ (S) mg/l	N-NH ₄ ⁺ (E) mg/l	N-NH ₄ ⁺ (S) mg/l
L'hiver	Décomber 2019	33.40	38.20	55.30	35.90
	Janvier 2019	34.40	35.80	52.7	25.5
	Fevrier 2019	21.40	30.51	54.30	42.70
Le printemps	Mars 2019	31.27	43.60	36.90	18.30
	Avril 2019	39.28	42.30	40.50	19.70
	Mai 2019	25.40	29.60	43.30	30.20
L'été	Juin 2019	29.20	27.80	41.80	21.40
	Juillet 2019	31.75	24.92	38.01	15.00
	Aout 2019	24.20	25.20	44.60	19.10
L'automne	September 2019	30.40	29.80	68.80	43.90
	October 2019	30.60	29.80	50.30	35.80
	November 2019	36.80	35.40	53.70	31.02
Valeurs moyennes		30.67	32.74	48.35	28.21

Tableau IV. 16: Variation de N-NO₂ des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP(1)		STEP(2)	
		N-NO ₂ ⁻ (E) mg/l	N-NO ₂ ⁻ (S) mg/l	N-NO ₂ ⁻ (E) mg/l	N-NO ₂ ⁻ (S) mg/l
L'hiver	Décomber 2019	0.16	0.25	0.222	0.050
	Janvier 2019	0.25	0.08	0.137	0.030
	Fevrier 2019	0.25	0.06	0.19	0.36
Le printemps	Mars 2019	0.12	0.06	0.13	0.17
	Avril 2019	0.02	0.22	0.08	0.14
	Mai 2019	0.11	0.05	0.066	0.105
Leté	Juin 2019	0.09	0.07	-	-
	Juillet 2019	0.15	0.19	-	-
	Aout 2019	0.06	0.05	0.099	0.170
L'automne	September 2019	0.13	0.09	0.235	0.152
	October 2019	0.90	0.42	0.121	0.110
	November 2019	0.23	0.04	0.079	0.116
Valeurs moyennes		0.206	0.13	0.136	0.14

Tableau IV. 17: Variation N-NO₃ des eaux usées bruts et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP1		STEP2	
		N-NO ₃ ⁻ (E) mg/l	N-NO ₃ ⁻ (S) mg/l	N-NO ₃ ⁻ (E) mg/l	N-NO ₃ ⁻ (S) mg/l
L'hiver	Décomber 2019	0.25	0.47	1.2	0.925
	Janvier 2019	0.90	0.27	0.504	0.345
	Fevrier 2019	0.77	0.02	0.56	0.95
Le printemps	Mars 2019	0.19	0.52	0.32	0.59
	Avril 2019	0.46	0.06	0.37	0.69
	Mai 2019	0.18	0.15	0.27	0.49
L'été	Juin 2019	1.27	1.98	0.53	0.94
	Juillet 2019	0.70	0.32	0.53	0.94
	Aout 2019	0.21	0.12	0.420	0.82
L'automne	Septomber 2019	0.59	0.42	0.652	0.54
	Octoper 2019	0.20	0.04	0.387	0.16
	November 2019	0.66	0.37	0.306	0.15
Valeurs moyennes		0.531	0.4	0.504	0.63

Tableau IV. 18: Variation de (PT) des eaux usées brutes et traitées dans le temps.

Saisons	Mois	STEP1		STEP2	
		PT(E) mg/l	PT(S) mg/l	PT(E) mg/l	PT(S) mg/l
L'hiver	Décomber 2019	5.44	3.38	-	-
	Janvier 2019	4.90	3.32	6.40	1.90
	Fevrier 2019	5.24	3.38	6.41	5.82
Le printemps	Mars 2019	3.22	3.43	3.61	1.19
	Avril 2019	5.62	4.24	6.68	2.98
	Mai 2019	4.48	3.40	4.9	4.2
L'été	Juin 2019	4.23	3.71	3.77	6.82
	Juillet 2019	4.50	2.62	3.77	6.82
	Aout 2019	2.66	2.66	4.15	4.70
L'automne	Septomber 2019	3.54	3.04	6.36	7.03
	Octoper 2019	3.84	2.60	4.82	1.42
	November 2019	4.66	4.62	4.08	1.08
Valeurs moyennes		4.36	3.36	5.00	4.00

Résumé

Le travail mené, est axé sur l'efficacité et la comparaison des résultats à analysés d'une année (2019), dans deux stations dépuración des eaux usées de la région de Ouargla (STEP par lagunage aéré de Saïd Otba et la STEP par Filtre planté de roseaux N'Goussa). Les prélèvements ont été effectués mensuellement et analysés au niveau du laboratoire de la station Saïd Otba. Les résultats montrent une efficacité des deux techniques, mais avec des valeurs contrastes ; pour les eaux traitées par Filtre planté de roseaux les résultats obtenus, étaient plus proches aux normes de rejets que ceux de la station d'épuration par lagunage aéré. L'efficacité était notée dans l'élimination des MES : 61% dans la station de Filtre planté de roseaux et 46% dans la station de lagunage aéré ; ainsi que dans la réduction de la DCO et la DBO₅, où nous avons enregistré des valeurs de rendement de l'ordre de 78% en Filtre planté de roseaux contre 72 % dans lagunage aéré pour la DCO. Cependant pour la DBO₅ les rendements sont de 73% dans la STEP Saïd otba et au niveau de la STEP N'goussa ou nous avons obtenu un pourcentage maximal de 85%.

Mots clé : lagunage aéré, Filtre planté de roseaux, comparaison, milieu aride, rendement, Région de Ouargla.

Abstract

The work carried out is focused on efficiency and comparison of the results to be analyzed for a year 2019, in two wastewater stations in the region of ouargla : the first one is installed in N'goussa and uses treatment by Filtre planted with reeds and the second one is installed in Saïd Otba and uses treatment by aerated lagoon. Analyses of different parameters were done at the laboratory of station Saïd Otba. The results show an efficiency of the techniques, but with contrast values. The results obtained for the water treated by filtre planted with reeds, were closed to the discharge standards than those of the aerated lagoon treatment plant. The most important parameter, which showed the efficiency of both processes, was elimination of suspended solids (SS). The elimination of SS in the station of treatment by Filtre planted with reeds and in the station of treatment by lagoon were successively 61 % and 46%. As well as in the reduction of COD and BOD₅, or we recorded yield values of around 78% in a filtre planted with reed versus 72% in aeated lagoon for DCO. However for the DBO₅ the yields are 73% in the said otba wastewater treatment and at the level of the N'goussa wastewater treatment where we obtained a maximum percentage of 85%.

Keywords: wastewater, lagoon, Filtre planted with reeds, efficiency, arid environment, the yield, The region Ouargla.

المخلص

العمل المنجز يرتكز على كفاءة ومقارنة نتائج التحاليل لعام 2019 بين محطتين لمعالجة مياه الصرف الصحي في منطقة ورقلة (محطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة بحيرة مهواة في سعيد عتبة ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة نبات القصب انقوسة) أخذت العينات بدقة و تم تحليلها على مستوى مختبر محطة سعيد عتبة، و لقد اظهرت النتائج كفاءة الطريقتين ولكن مع قيم متفاوتة. كانت نتائج المحطة التي تعتمد على نبات القصب اقرب الى معايير التصريف من تلك الخاصة بمحطة معالجة البحيرة المهواة، وقد لوحظت الكفاءة في التخلص من المواد الصلبة العالقة اذ بلغت 61% في المحطة التي تعتمد على نبات القصب و 46% في محطة البحيرة المهواة، وكذلك في تقليل DCO و DBO₅. حيث سجلنا قيم مردودية تبلغ حوالي 78% في المحطة التي تعتمد على المعالجة بنبات القصب مقابل 72% في البحيرة المهواة من اجل DCO، و بالنسبة DBO₅ سجلنا 73% على مستوى محطة التصفية لسعيد عتبة بينما على مستوى محطة التصفية لنقوسة حصلنا على نسبة مئوية قصوى قدرها 85%. بالنسبة DBO₅ حصلنا على نسبة مئوية قصوى بلغت 85% في المحطة التي تعتمد على نبات القصب.

الكلمات المفتاحية: بحيرة مهواة- نبات القصب- مقارنة- وسط جاف- مردود- منطقة ورقلة.