

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



Université d'Oran 2
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master
En Sécurité Industrielle et Environnement

Traitement et Réutilisation d'une eau usée urbaine
(Cas : STEP de Bouzedjar)

Présenté et soutenu publiquement par :

BEKKOUCHE Mohammed Amine

MEZIANE Sidi Mohamed

Nom et Prénoms	Grade	Etablissement	Qualité
SERAT Fatima-Zohra	MCB	IMSI	Présidente
HEBBAR Chafika	Prof	IMSI	Encadrante
MECHKEN Amel Karima	MCB	IMSI	Examinatrice

2021-2022

Remerciements

Nous remercions notre Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de notre Professeur Madame **HEBBAR Chafika**. Nous la remercions pour sa qualité de savoir, qui nous a été transmise, sa patience et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Un remerciement spécial au chimiste **Mr.Nasro**, au Docteur **Mr. Grine** et au laborantin **Mr.Ali** et à toutes les équipes de la STEP de Bouzedjar et de la station SEOR. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidé à la réalisation de ce travail sois de près ou de loin.*

Nous adressons également nos remerciements aux enseignants qui nous ont fait l'honneur de participer au jury de ce mémoire.

*Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs de l'IMSI spécialement **Dr.Mechken, Dr.Guitarni, Dr.Nadji, Dr.Serat, Dr.Rouane**, pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académique et professionnelle.*

Dédicaces

*Je dédie ce travail à **ma mère** « Allah Yerhamha » (que Dieu l'accueille et la bénie dans son vaste paradis), qui a été toujours à mes côtés, qui m'a encouragé tout le long de mon cursus d'études et qui n'a jamais cessé de m'aimer ou de me rendre heureux.*

Maman**, j'aurai tellement aimé que tu sois là avec nous aujourd'hui pour assister à ma soutenance, à laquelle tu as toujours rêvé de voir, pour te remercier sur tout ce que tu as fait pour moi mais le destin nous a séparé malheureusement, ce travail est pour toi **maman JE T'AIME POUR TOUJOURS.

*Je dédie ce travail à **mon père** et je le remercie pour sa présence, son sacrifice et son soutien dans tout mon cursus d'étude et ma vie.*

*A Ma sœur **Marwa** qui est présente à mes côtés chaque jour pour m'encourager.*

*A Mon amie **Houda** qui m'a toujours soutenu.*

A Ma petite famille.

Et à tous mes amis pour ces merveilleuses années.

AMINE.

Dédicaces

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux, quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai te remercier comme il se doit, ni rembourser mes dettes envers toi, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force dans cette vie, je t'aime Maman.

A mon père pour son affection et son amour, pour son sacrifice et son soutien durant mes études et ma vie globalement.

*A mes deux sœurs, **Yakoute** qui a toujours été présente pour moi et qui m'a aidé et soutenu pendant ces cinq longues années d'étude et **Feriel** qui m'as toujours soutenu malgré la longue distance qui nous sépare.*

*A la famille **MEZIANE** et **BENTAÏB**, à mon oncle qui porte le même nom, que notre Dieu le bénisse, à mes tantes et mes oncles.*

*Aux frères que je n'ai jamais eu, **Ghassan** et **Bilel** qui ont toujours été là pour moi durant mes pires et bons moments, **Mustapha** mon cousin et frère d'enfance qui m'a apporté un soutien moral durant toutes ces années.*

*A mes amis les plus proches : **Ikram, Sid-Ahmed, Kheiro, Manel, Amine graine, Mohammed, Hocine, Zaki, Hayet, cousins Kamel et saidou et Beбето, Djawed, Halim, Younes ziane ,Hani, Haroun, Zachary, Nadia, Amdjad, kaouther, Hadjer, Oussama, Mohamed, Amine blila, Younes sellef, Youcef, Souhila, Soheib, Shaima, Abderezak, Zoubir, Chiraz, Ismail, Amine bouchkara.***

*A mes voisins **Reda, Boumedién, Noureldinne, Riad, Farid, Salim.***

*A mes amis lointains que je n'ai jamais pu rencontrer **Bouchra, Lamia, Khadidja, Madjid, Rihab, Rahaf, Imed.***

A ma promo SIE et à mes collègues de classe, Aux personnes que j'ai pu rencontrer et passer de bons moments durant ces cinq années à Oran

*Une Spéciale dédicace à mon encadrante **Mme. HEBBAR**, au chimiste **Mr. Nasro**, au Docteur **Mr. GRINE** et au laborantin **Mr. Ali** et à toutes les équipes de la STEP de Bouzedjar et de SEOR, aux enseignants de l'IMSI spécialement **Mme. MECHKEN, Mr. GUETARNI, Mr. NADJI, Mme. SERAT, Mr. ROUANE***

*Et surtout à mon Binôme **Amine**, sans lui jamais ce travail aurait pu être abouti, aux moments passés et partagés ensemble, à sa famille qui m'a accueilli et à sa mère que Dieu la bénisse dans son vaste paradis.*

MOHAMED.

Résumé

En concordance avec les besoins continus de l'eau naturelle pour les activités humaines et les rejets importants des eaux usées dans l'environnement, le recours aux eaux usées, à leur traitement et leur réutilisation entre en jeu afin de minimiser la pollution environnementale et lutter contre le stress hydrique et répondre au besoin croissant de l'eau dans notre vie.

A cet effet, notre travail consiste à faire une étude sur les eaux usées et leur traitement au sein de la station d'épuration de Bouzedjar, Faire des différentes analyses pour différents échantillons et types d'eaux, appliquer un nouveau traitement à l'eau usée brute et la réutiliser pour l'irrigation ou l'implantation de Gazon et à la fin proposer un plan de SME pour la station d'épuration de Bouzedjar.

Mots clés : Station d'épuration (step), eau usée, Réutilisation pour irrigation, Gazon, SME

Abstract

In accordance with the continuous needs of natural water for human activities and the significant discharges of wastewater into the environment, it is in this context that the treatment of wastewater and the reuse of the latter come into play in order to minimize environmental pollution and meet the growing need for water in our lives.

To this end, our work consists of carrying out a study on wastewater and its treatment within the Bouzedjar wastewater treatment plant, carrying out different analyzes for different samples and types of water, applying a new water treatment raw waste and reuse it for irrigation or the establishment of Lawn and at the end propose an EMS plan for the Bouzedjar wastewater treatment plant.

Keywords: Wastewater treatment plant (step), wastewater, Reuse for irrigation, Lawn, SME

Liste des abréviations

MES : Matière en Suspension
STEP : Station d'Épuration
REUT : Réutilisation des eaux usées traitées
REUE : Réutilisation des eaux usées épurées
ONA : Office National de l'assainissement
ONID : Office National de l'irrigation et de drainage
GPI : Grand Périmètre d'Irrigation
MTH : Maladie à Transmission Hydrique
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
CE : Conductivité Electrique
EH (Eq/Hab) : Equivalent Habitant
m³/jour : mètre cube par jour
m³/h : mètre cube par heure
HMT : Hauteur Manométrique Totale
DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène durant cinq jours
DCO : Demande Chimique en Oxygène
NH₃ : Ammoniac
NH₄⁺ : Ammonium
NO : Monoxyde d'azote
NO₂⁻ : Nitrites
NO₃⁻ : Nitrates
NaOH : Hydroxyde de Sodium
Eau entrée : Eau brute (de la STEP)
Eau sortie : Eau épurée
Eau traitée : Eau traitée par l'argile
pH : Potentiel d'hydrogène
PO₄³⁻ : Ortho-phosphate
PT : Phosphore Total
SO₂ : Dioxyde de soufre
SO₄²⁻ : Sulfates
S²⁻ : Ion sulfure
H₂O : Eau
CO₂ : Dioxyde de carbone
O₂ : Oxygène
CH₄ : Méthane
AGV : Acide Gras Volatil
T° : Température
SP : Station de Pompage.
MO : Matière organique
MS : Matière solide
MVS : Matière Volatile Solide

NGL : Azote global
NTK : Azote total kjeldahl
NT : Azote total
K: Constante de biodégradabilité
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
MTH : Maladies à Transition Hydriques
E. coli: Escherichia coli
CF : Coliformes fécaux
CT : Coliformes totaux
SF : Streptocoques fécaux
ONM : Office National de Météorologie
Méthode LCK : L (liquide) C (chimique) K (kit)
H₂SO₄: Acide sulfurique
Milieu de culture C.C.A : Chromocult Coliform Agar
Milieu de culture T.S.C : Tryptone Sulfite Cyclosérine
Milieu de culture B.E.A : Bile Esculine Azide
ASR : Anaérobies Sulfite- Réducteurs
mg/l : milligramme par litre
mm : millimètre
µm : micromètre
°C : Degrés Celsius
NTU : unités de turbidité néphalométriques
µS/cm : MicroSiemens par cm
Km² : Kilomètre carré
Km/h : kilomètre par heure
IEW : Inspections de l'Environnement des wilayas
ISO: Organization International de Standardization
SME : Système de Management Environnemental
ACV : Analyse de Cycle de Vie
GES : Gaz à effet de serre
OCE : Objectifs et Cibles Environnementaux
CHSE : Cellule Hygiène Santé et Environnement
AES : Accidents d'Exposition au Sang

Table des matières

INTRODUCTION GENERAL.....	1
Chapitre 01 : Bilan de connaissance sur l'eau usée	2
Introduction.....	2
1.1 L'eau en général.....	2
1.2 Pollution de l'eau.....	2
1.2.1 Types de pollution hydrique	2
1.3 Types d'eau	4
1.3.1 Eau du robinet :	4
1.3.2 Eau minérale naturelle	4
1.3.3 Eau de source :	4
1.4 Généralités sur les eaux usées	4
1.4.1 Définition des eaux usées	4
1.4.2 Origine des eaux usées	5
1.4.3 Principaux paramètres de la pollution.....	6
1.4.4 Procédés d'épuration des eaux usées.....	9
1.4.5 Réutilisation des eaux usées épurées	15
1.4.6 Risques liés à la réutilisation des eaux usées	18
1.5 Boue résiduaire et sa valorisation.....	21
1.5.1 Origine et nature de la boue	21
1.5.2 Composition des boues	23
1.5.3 Propriétés physicochimiques des boues	23
1.5.4 Propriétés biologiques des boues.....	24
1.6 Réglementation mondiale et nationale des eaux usées	25
1.6.1 Normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).....	25
1.6.2 Normes nationales pour l'irrigation sans risque pour le recyclage des eaux usées traitées.	27
1.7 Dysfonctionnements rencontrés dans les STEP	29
1.7.1 Dysfonctionnement technique	29
1.7.2 Dysfonctionnement biologique :	29
1.7.3 Nature de l'eau usée.....	30
1.7.4 Vieillessement des boues	30

1.7.5	Dysfonctionnement du traitement primaire.....	30
1.7.6	Non-respect des normes	30
Conclusion		31
Chapitre 02 : Matériels et méthodes.....		32
Introduction.....		32
2.1	Description générale de la zone d'étude.....	32
2.1.1	Description de la Wilaya Ain-Temouchent.....	32
2.1.2	Description de la station d'épuration de Bouzedjar	35
2.2	Performance de la STEP.....	52
2.2.1	Laboratoire de la station de Bouzedjar	52
2.2.2	Echantillonnage des eaux	54
2.2.3	Méthodes d'analyses physicochimiques de l'eau brute, épurée de la STEP.....	54
2.3	Contrôle des caractéristiques microbiologiques des eaux usées brutes et épurées	60
2.3.2	Contrôle bactériologique de l'eau usée et épurée	62
2.3.3	Recherche des <i>E. coli</i> et coliformes.....	64
2.3.4	Recherche des entérocoques.....	64
2.3.5	Contrôle de virus.....	68
2.3.6	Contrôle de parasites	68
Conclusion		69
Chapitre 03 : Résultats et discussion des paramètres physicochimiques et microbiologiques :.....		70
3.1	Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées	70
3.1.1	Volume d'eaux usées et épurées de la STEP	70
3.1.2	Température.....	71
3.1.3	Potentiel d'hydrogène (pH)	71
3.1.4	Matières en suspension (MES)	72
3.1.5	Oxygène dissous	72
3.1.6	Demande chimique en oxygène (DCO)	73
3.1.7	Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	73
3.1.8	Turbidité.....	74
3.1.9	Conductivité	75

3.1.10	Nitrates (NO_3^-)	75
3.1.11	Nitrites (NO_2^-).....	76
3.1.12	Ortho-phosphates (PO_4^{3-}).....	76
3.1.13	Détermination des rendements de la STEP (η) :	77
3.2	Résultats des paramètres physico-chimiques	80
3.2.1	Température.....	81
3.2.2	Conductivité électrique (CE).....	82
3.2.3	Potentiel d'hydrogène (pH)	82
3.2.4	Turbidité	83
3.2.5	Matières en suspension (MES)	83
3.2.6	Ortho-phosphate (PO_4^{3-}).....	84
3.2.7	Phosphore total (PT)	85
3.2.8	Demande chimique en oxygène (DCO)	85
3.2.9	Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	86
3.2.10	Nitrate (NO_3^-)	87
3.3	Résultats des paramètres microbiologiques	88
3.3.1	Coliformes et <i>E. Coli</i>	88
3.3.2	Entérocoques	90
Conclusion		91
CHAPITRE 04 : Réutilisation des eaux usées de la STEP et traitées par la bentonite pour la culture du gazon		92
Introduction.....		92
4.1	Réutilisation des eaux usées	92
4.1.1	Objectif de la réutilisation des eaux usées	92
4.1.2	Réutilisation Interdite Des Eaux Usées.....	93
4.1.3	Réutilisation Des Eaux Usées Épurées Pour L'irrigation En Algérie.....	93
4.2	La plante étudiée	93
4.2.1	Généralités sur le gazon	93
4.2.2	Définition du gazon.....	94
4.2.3	Critères influençant sur la poussée du gazon	94
4.2.4	Impact environnemental.....	96
4.3	Présentation de produit naturel utilisé dans le traitement	97

4.3.1	Traitement des eaux par les argiles	97
4.4	Protocole expérimentale.....	101
4.4.1	Matériel expérimental utilisé	101
4.4.2	Application	101
4.5	Résultats et discussions	109
4.5.1	Résultats de la filtration de l'eau	109
4.5.2	Interprétations des résultats	112
Conclusion :.....		113
CHAPITRE05 : Système de management et performance environnementale de la Station d'épuration de Bouzedjar		115
INTRODUCTION.....		115
5.1	ISO en général.....	115
5.1.1	Définition d'une norme	116
5.1.2	Processus d'élaboration d'une norme	116
5.1.3	Qui élabore les normes ISO.....	117
5.1.4	Avantages des Normes internationales	117
5.1.5	Normes de systèmes de management	118
5.2	Présentation de la norme ISO 14001	120
5.2.1	Le Principe d'amélioration continue.....	121
5.2.2	Domaines d'application de la norme	122
5.2.3	Exigences générales	123
5.2.4	Famille de la norme 14001	124
5.2.5	Pourquoi choisir la norme ISO 14001 ?.....	125
5.3	Présentation de l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA).....	127
5.3.1	Activités de l'ONA	127
5.3.2	Développement durable au niveau de l'ONA	127
5.3.3	Motivation de l'intégration du SME	128
5.4	Mise en place du SME.....	128
5.4.1	Définition de la politique environnementale	128
5.4.2	Planification du SME.....	129
5.5	Mise en œuvre du SME.....	139
5.5.1	Désignation des responsables environnementaux	140

5.5.2	Formation et sensibilisation.....	140
5.5.3	Communication interne est externe	141
5.5.4	Documentation du SME.....	142
5.5.5	Préparation et réponse aux situations d'urgence	143
5.6	Contrôle des résultats et action préventives.....	145
5.6.1	Prévention des risques constatés dans la station d'épuration de Bouzedjar 145	
5.6.2	Surveillance et mesurage.....	149
5.7	Revue de direction.....	153
5.8	La certification ISO 14001 :.....	155
5.8.1	Et après l'obtention de la certification ?	155
CONCLUSION		156
CONCLUSION GENERALE.....		157
Références bibliographiques.....		160
Annexes.....		167

Liste des figures

Figure du chapitre 02

Figure 2. 1 : Températures et Précipitations moyennes à Ain-Temouchent.	33
Figure 2. 2 : Les quantités de précipitations à Ain Témouchent	33
Figure 2. 3 : La vitesse du vent.....	34
Figure 2. 4 : Découpage administratif d'Ain-Temouchent.	34
Figure 2. 5 : Localisation de la STEP (google maps).	35
Figure 2. 6 : Dessableur - Déshuileur.....	38
Figure 2. 7 : Bassin de contact.....	39
Figure 2. 8 : Agitateur immergé.....	39
Figure 2. 9 : Bassin de contact en cours de travail.....	40
Figure 2. 10 : Bassin d'aération de la STEP.	41
Figure 2. 11 : Bassin d'aération de la STEP.	44
Figure 2. 12 : Aérateur.	44
Figure 2. 13 : Clarificateur avec des ponts racleur.	46
Figure 2. 14 : Clarificateur de STEP.....	46
Figure 2. 15 : Préleveur automatique.	47
Figure 2. 16 : Silos à boues de la STEP.	49
Figure 2. 17 : Filtre à bandes de la STEP.....	50
Figure 2. 18 : Lit de séchage de la STEP.	51
Figure 2. 19 : Canal du rejet si c'est possible rejet de la sortie de la STEP (Oued ferra).52	
Figure 2. 20 : Laboratoire de la STEP.....	52
Figure 2. 21 : Méthode de détermination des MES.	55
Figure 2. 22 : Cuves avant la mise au digesteur thermostat LT 200 à 148°C pd 120min.56	
Figure 2. 23 : Mesure de la conductivité.	57
Figure 2. 24 : Turbidimètre	58
Figure 2. 25 : Détermination des ortho-phosphates avec Spectrophotomètre DR 5000...59	
Figure 2. 26 : Détermination du phosphore avec thermostat LT 200.	59
Figure 2. 27 : Rampe de filtration avec entonnoir et bec bunsen.	60
Figure 2. 28 : Milieu de cultures utilisées	63
Figure 2. 29 : Escherichia-coli sous microscope électronique à G X 1000	65
Figure 2. 30 : Streptocoques fécaux (www.wikipedia.com).....	66

Figure 2. 31 : Clostridium perfringens observée au microscope optique G×1000	67
Figure 2. 32 : Vue microscopique des virus.	68
Figure 2. 33 : Vue microscopique des helminthes.	69
Figure 2. 34 : Vue microscopique des protozoaires.	69

Figure du chapitre 03

Figure 3. 1 : Volumes mensuels (m ³) des eaux brutes et eaux épurées de la STEP.	70
Figure 3. 2 : Variation de la température à l'entrée et la sortie de la STEP de Bouzedjar.	71
Figure 3. 3 : Variation du pH à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	71
Figure 3. 4 : Variation des matières en suspension à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	72
Figure 3. 5 : Variation de la teneur en oxygène à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	72
Figure 3. 6 : Variation de la DCO de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	73
Figure 3. 7 : Variation de la demande biologique en oxygène à l'entrée et sortie.	73
Figure 3. 8 : Variation de la turbidité à l'entrée et sortie.	74
Figure 3. 9 : Variation de la conductivité (μS/cm) de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP de Bouzedjar.	75
Figure 3. 10 : Variation des nitrates (mg/l) de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	75
Figure 3. 11 : Variation des nitrites (mg/l) de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	76
Figure 3. 12 : Variation des ortho-phosphates de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.	76
Figure 3. 13 : Rendement d'élimination des (MES) dans la STEP.	77
Figure 3. 14 : Rendement d'élimination de la (DBO ₅) dans la STEP.	78
Figure 3. 15 : Rendement d'élimination de la (DCO) dans la STEP.	78
Figure 3. 16 : Variation de la biodégradabilité (K).	79
Figure 3. 17 : Représentation graphique de la température des différents échantillons d'eaux.	81
Figure 3. 18 : Représentation graphique de la conductivité des différents échantillons d'eaux.	82
Figure 3. 19 : Représentation graphique du pH des différents échantillons d'eaux.	82

Figure 3. 20 : Représentation graphique de la turbidité des différents échantillons d’eaux.	83
Figure 3. 21 : Représentation graphique de MES des différents échantillons d’eaux.	83
Figure 3. 22 : Représentation graphique des ortho-phosphates des différents échantillons d’eaux.	84
Figure 3. 23 : Représentation graphique du phosphore total des différents échantillons d’eaux.	85
Figure 3. 24 : Représentation graphique de la DCO des différents échantillons d’eaux. .	85
Figure 3. 25 : Représentation graphique de la DBO des différents échantillons d’eaux ..	86
Figure 3. 26 : Représentation graphique de nitrate des différents échantillons d’eaux. ...	87
Figure 3. 27 : Procédure de dilution 10/100/1000/10000/100000	88
Figure 3. 28 : Représentation des boîtes de pétries Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E. Coli de l’eau de l’entrée avec dilution de 100000.....	88
Figure 3. 29 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E. Coli de l’eau épurée avec dilution de 100	89
Figure 3. 30 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E. Coli de l’eau traitée avec dilution de 100	89
Figure 3. 31 : Représentation des boîtes de pétries (Slanetz Bartley) Correspondant à la recherche et dénombrement d’entérocoques avant confirmation de l’eau épurée avec dilution de 100	90
Figure 3. 32 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement d’entérocoques après confirmation de l’eau épurée avec dilution de 100	91

Figure du chapitre 04

Figure 4. 1 : Matériels et verreries utilisés	Figure 4. 2: Agitateur	101
Figure 4. 3 : Papier filtre		102
Figure 4. 4 : Remplissage de l’eau usée brute		103
Figure 4. 5 : Préparation pour agitation		103
Figure 4. 6 : Pesage de l’argile de bentonite		104
Figure 4. 7 : Déversement de l’argile de bentonite dans les fioles		104
Figure 4. 8 : Début d’agitation du mélange de l’eau usée et l’argile		105
Figure 4. 9 : Exemple de préparation des filtres		105
Figure 4. 10 : Placement des filtres dans les fioles		106
Figure 4. 11: Début de la filtration du mélange		106
Figure 4. 12 : Le mélange en cours de filtration.....		107

Figure 4. 13 : Fin de filtration et stockage dans le frigo	107
Figure 4. 14 : Pots du groupe 1(motte de terre + gazon âgé)	108
Figure 4. 15 : Pots du groupe 2 (Terre + racine de gazon seulement)	109
Figure 4. 16 : Résultats des pots du groupe 1	111
Figure 4. 17 : Résultats des pots du groupe 2.....	112
<i>Figure du chapitre 05</i>	
Figure 5. 1 : Logo de l'organisation internationale de normalisation.....	115
Figure 5. 2 : La roue de Deming de la norme ISO 14001	122
Figure 5. 3 : Exemple d'un compresseur d'air	132
Figure 5. 4 : Exemple des circuits électriques de la STEP.....	132
Figure 5. 5 : Exemple de risque de noyade dans la STEP.....	133
Figure 5. 6 : Exemple d'une source de mauvaise odeur	134
Figure 5. 7 : Pollution des déchets	135
Figure 5. 8 : Hiérarchisation des documents essentiels du SME.....	142
Figure 5. 9 : Plan d'évacuation vers le point de rassemblement	144
Figure 5. 10 : Point de rassemblement de la step	145
Figure 5. 11 : Alarme de la step.....	146
Figure 5. 12 : Bouée de sauvetage de la step.....	147
Figure 5. 13 : Les extincteurs de la step.....	148
Figure 5. 14 : Exemple des masques filtrants disponible dans la step	149
Figure 5. 15 : Quantité de déchets et sables collectés dans la station de Bouzedjar.....	151
Figure 5. 16 : Pourcentage de taux de la conformité à la réglementation de la STEP	152

Liste des tableaux

Tableaux du chapitre 01

Tableau 1. 1 : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées	3
Tableau 1. 2 : Classification des eaux d'après leur pH.	6
Tableau 1. 3 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des Eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2000).	26
Tableau 1. 4 : Normes de rejets internationales OMS	26
Tableau 1. 5 : Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JORADP, 2012).....	27
Tableau 1. 6 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JORADP, 2012).....	28

Tableaux du chapitre 02

Tableau 2. 1 : Différents débits des eaux usées dans la STEP	37
Tableau 2. 2 : Caractéristiques des lits de séchages	51

Tableaux du chapitre 03

Tableau 3. 1 : Résultats des rendements (DBO5, DCO, MES).....	77
Tableau 3. 2: Coefficient de la biodégradabilité.	79

Tableaux du chapitre 05

Tableau 5. 1 : Tableau d'identification des aspects environnementaux	136
---	-----

INTRODUCTION GENERAL

Dans les régions où la pénurie d'eau est significative, il est important de réutiliser l'eau usée épurée par les différents systèmes d'épuration.

La réutilisation des eaux usées épurées (ou REUE) recouvre deux notions complémentaires : traitement et réutilisation proprement dite. Les eaux usées sont des eaux rejetées par les collectivités et les industries, acheminées par les égouts en station d'épuration pour être traitées et réutilisées pour tout usage. Ces eaux appelées épurées peuvent être utilisées à des fins d'irrigation, d'agriculture et autres.

L'Algérie est un pays semi-aride et les changements climatiques risquent de diminuer le volume des précipitations déjà relativement faible. Les ressources hydriques en Algérie sont estimées à environ 19 Milliards de m³ et l'irrigation agricole représente le principal consommateur avec 70% du volume exploité [1].

En Algérie, les rejets annuels d'eaux usées urbaines sont estimés à 750 millions de m³ [1]. Un programme important de réalisation des systèmes d'épuration (boues activées, lagunage) a été réalisé dont l'objectif principal est la valorisation des eaux épurées et des boues produites et ce, par la création d'importants périmètres d'irrigation [1]. La réutilisation des eaux épurées constitue une alternative à triples objectifs :

- Répondre au besoin en eau, qui ne cesse d'augmenter ;
- Préserver l'eau souterraine et de surface ;
- Assurer la protection de l'environnement.

Notre travail débute par une introduction où nous montrons l'importance de la réutilisation des eaux usées. Dans le chapitre 1, nous allons dresser un bilan de connaissances sur les eaux usées. Le chapitre 2 est relatif à la méthodologie adoptée pour l'analyse de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux usées brutes (à l'entrée de la Station) et épurée (à la sortie de la STEP). Dans le chapitre 3, nous exposons les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux usées traitées par une argile : la bentonite et leur réutilisation dans la culture du gazon. Le chapitre 5 est consacré pour l'étude du système de management et performance environnementale de la Station d'épuration de Bouzedjar. Nous terminons notre travail par une conclusion et quelques perspectives pour la station.

Chapitre 01 : Bilan de connaissance sur l'eau usée

Introduction

Les activités humaines : domestiques, agricoles et industrielles produisent toutes sortes de déchets et de souillures qui sont transportés par voie liquide. Ils sont susceptibles d'engendrer différentes sortes de pollution et de nuisances dans le milieu récepteur.

Au cours de ce chapitre, nous présenterons : l'origine, les caractéristiques de la pollution ainsi que le traitement d'épuration de l'eau usée utilisé, les domaines de réutilisation de l'eau épurée avec les différents risques liés à cette réutilisation, la composition des boues et leurs propriétés, la réglementation liés au recyclage des eaux usées traités et enfin les différents dysfonctionnements rencontrés dans les station d'épuration.

1.1 L'eau en général

L'eau (H_2O), dans sa forme pure, est un composé simple qui se présente naturellement dans l'un des trois états : solide (glace), liquide ou gazeuse (brouillard, nuages).

De toute l'eau de la Terre, seulement 3 % est de l'eau douce, le reste (97 %) étant de l'eau salée. L'eau douce est répartie comme suit : 69 % dans les calottes glaciaires et les glaciers, 30 % en eaux souterraines et environ 0,3 % en eaux de surface. De ce 0,3 %, 2% se trouve dans les cours d'eau, 11 % dans les marécages et 87 % dans les lacs. Le bassin des grands lacs de l'Amérique du Nord est le plus grand système de lacs d'eau douce au monde.[2]

1.2 Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Selon leurs natures, on distingue plusieurs types de pollution de l'eau : chimique, organique, microbiologique, domestique, industrielle, ...[3].

1.2.1 Types de pollution hydrique

- **Pollution chimique**, qui résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories : organique (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols.) et minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).[4]
 - ✓ **Pollution par le phosphore** : Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laverie industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaires. Le phosphore, élément nutritif, est

à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.[5]

- ✓ **Pollution par l'azote** : Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote issu des fabrications d'engrais et des industries chimiques et agroalimentaires [6]. L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).
- ✓ **Pollution liée au transport maritime** souvent causée par des rejets d'hydrocarbures, volontaires ou non, directement dans l'océan. Les marées noires en sont l'exemple le plus frappant.[7]
- **Pollution agricole** : L'utilisation massive d'engrais d'origine naturelle, tel que le fumier, peut constituer une source de pollution bactériologique. Ces substances, par le biais du cycle de l'eau, s'infiltrent en polluant le milieu aquatique.[7]
- **Pollution organique**, qui constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large. Cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organiques banales "protides, glucides, lipides", les détergents, les huiles et goudron.[3].
- **Pollution microbiologique** : Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.[8] Les germes pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux sont mentionnés dans le tableau 1.1.

Tableau 1. 1: Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées [9]

Germes	Organismes	Maladie
Bactéries pathogènes	Salmonella Schigella	Typhoïde Dysenterie
Entérobactéries Vibrions	Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibrion Coma	Tuberculose Choléra
Virus	Enterovirus Rhéovirus Adénovirus Rotavirus	Poliomyélite Méningite Affections respiratoires Diarrhée
Parasites et Champignons	Tenia (Ascaris)	Lésions viscérales Eczéma Maladie de la peau

- **Pollution domestique**, liée généralement aux rejets d'eaux usées pouvant être de deux types :
 - ✓ eaux usées issues de l'utilisation d'eau au quotidien (toilettes, cuisine, douche...).
 - ✓ produits ménagers chargés de polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Difficilement traités par les réseaux d'assainissement, les résidus de ces produits viennent enrichir les cours d'eau en substances chimiques.[7]
- **Pollution industrielle** : L'industrie génère des pollutions différentes selon le secteur d'activité. Les usines de papier, par exemple, utilisent de grands volumes de produits chimiques dans leurs processus de fabrication. Les activités agroalimentaires (conserveries, coopératives...) traitent de gros volumes de matière organique, qui vient enrichir le milieu en nutriments et contribue au phénomène d'eutrophisation.[7]

1.3 Types d'eau

L'eau est une boisson particulière qui existe sous plusieurs types : eau minérale naturelle, eau de source et eau du robinet. Le goût de l'eau changera en fonction de son parcours souterrain.

1.3.1 Eau du robinet : C'est une eau potable distribuée directement chez l'utilisateur. Elle provient le plus souvent d'une nappe souterraine (60%) ou des eaux de surface (40%). Après divers traitements, l'eau du robinet est maintenue potable grâce à l'ajout de chlore utilisé en petites quantités pour éliminer les microbes lors de son passage dans les tuyaux de distribution. La qualité de l'eau du robinet est très réglementée et soumise à de nombreux contrôles sanitaires. [9]

1.3.2 Eau minérale naturelle, de composition stable dans le temps, est directement puisée à la source et est protégée de tout risque de pollution. Elle possède une pureté originelle et ne subit aucun traitement chimique, conformément à la réglementation ; elle est juste mise en bouteille. L'eau minérale naturelle se purifie et se charge en minéraux par exemple : du magnésium, du calcium ou des bicarbonates.[9]

1.3.3 Eau de source : potable à la source sans traitement. C'est une eau souterraine qui doit respecter les mêmes normes que l'eau du robinet, en ce qui concerne les paramètres chimiques.[9]

1.4 Généralités sur les eaux usées

1.4.1 Définition des eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles. Chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Elles englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante et engendrent des pollutions et des nuisances dans le milieu récepteur.

1.4.2 Origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent essentiellement des activités humaines. On distingue cinq origines d'eaux usées.

1.4.2.1 Eaux usées domestiques

Elles proviennent des activités humaines journalières et des différents usages domestiques de l'eau qui sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères (ayant pour origine les salles de bains et les cuisines, chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques) et en eaux 'vannes', caractérisées par les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.[10]

1.4.2.2 Eaux usées industrielles

En plus de leur charge en matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques (arsenic, acide sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds). Elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les êtres vivants.

1.4.2.3 Eaux usées agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais ;
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants d'insecticides ;
- Apport de sulfate de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes.[5]

1.4.2.4 Eaux usées pluviales et de ruissèlement

Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées.

- Les déchets (solides ou liquides) déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent ;
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.[11]

1.4.2.5 Eaux usées de drainage (eau du lessivage récupérée après irrigation grâce à 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 terre 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 du sulfate de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes .[5]

1.4.3 Principaux paramètres de la pollution

L'évaluation de la pollution d'une eau usée est basée sur la détermination de plusieurs paramètres organoleptiques, physiques, chimiques et bactériologiques. Ces paramètres indiquent le degré de pollution de l'eau et caractérisent le danger provoqué par leur rejet en milieu naturel.

1.4.3.1 Paramètres organoleptiques

- **Couleur**

La couleur des eaux résiduaires est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes

- **Odeur**

Les eaux résiduaires se caractérisent par une odeur. Toute odeur due à la présence de matières organiques en décomposition, est une pollution.[12]

1.4.3.2 Paramètres physiques

- **Température**

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau.[13]

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques (de 6 à 9) n'influençant pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH [14].Le **tableau 1.2** représente la classification des eaux en fonction de son pH.

Tableau 1. 2 : Classification des eaux d'après leur pH.

pH<5	Acidité, forte présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH <8	Majorité des eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité forte, évaporation intense

- **Turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material).

- **Matières en suspension (MES)**

Ce sont des matières maintenues en suspension grâce aux écoulements turbulents et leur densité est voisine de celle de l'eau. Elles comportent des matières organiques et minérales. Ce paramètre est exprimé en mg/l, mesuré par pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C : $MES = 30\% MMS + 70\% MVS$

- ✓ **Matières volatiles en suspension (MVS)** : Elles représentent la fraction organique de la matière en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon. Elles sont appelées « les partes au feu ».
- ✓ **Matières minérales sèches (MMS)** : Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel et de silice.

- **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu S/m/cm$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm . La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.[15]

- **Matières décantables et non décantables**

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques. Les matières décantables sont composées de matières en suspension qui sédimentent en deux heures dans une éprouvette[10].

1.4.3.3 Paramètres chimiques et biologiques

- **Demande biologique en oxygène (DBO₅)**

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et au moyen des bactéries aérobies, les matières organiques d'une eau usée. La DBO₅ exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure

l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours.[16]

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies[14]. Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l [17].

-DCO = 1,5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines ;

-DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire ;

-DCO > 2,5 fois DBO pour les eaux usées industrielles [16].

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante : $MO = (2 DBO5 + DCO) / 3$

- **Oxygène dissous**

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable ; il est essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques. L'oxygène dissous dans l'eau peut provenir :

- de la dissolution de l'oxygène de l'air par diffusion à travers la surface ;
- de l'apport d'un affluent plus oxygéné, surtout dans le cas des rivières, et, parfois même, d'une aération artificielle ;
- de la biosynthèse pour les plantes vertes aquatiques qui, sous l'effet de la lumière solaire, utilisent le CO₂ dissous dans l'eau grâce à leur fonction chlorophyllienne dans le cas du lagunage.[18]

- **Phosphore total**

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous plusieurs formes :

-d'ortho-phosphates, solubles(PO₄H₂) ;

-de polyphosphates qui ont tendance à s'hydrolyser en ortho-phosphates ;

-de phosphore non dissous.

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4g/habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine.[19]

- **Azote**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale. Les formes de l'azote dans les eaux usées sont :

- L'azote total de Kjeldahl (NTK) ;
- Les nitrates (NO₃⁻) ;

- **Les nitrites (NO_2^-).**

En plus, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation donc sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel.[20]

- **Nitrates**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (*Nitrobacter*) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites .[21]

- **Nitrites :**

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas*) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température .[22]

- **Biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K avec $K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$:

- Si $K < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $k > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs 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, sinon on applique un traitement physico chimique.[23]

1.4.4 Procédés d'épuration des eaux usées

1.4.4.1 Nécessité d'une épuration et traitement des eaux usées

Le traitement des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

1.4.4.2 Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue 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 de l'Environnement.[24]

1.4.4.2.1 Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement, doivent tenir compte :

- des exigences du milieu récepteur ;
- des caractéristiques des eaux usées, (DBO, DCO, MES, ...etc.) ;
- des conditions climatiques (température, évaporation, vent,... etc.) ;
- de la disponibilité du site ;
- des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation) ;
- des facilités d'exploitation, de gestion et d'entretien.[25]

Rôle des stations d'épuration

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.[26]

1.4.4.3 Etapes et procédés d'épuration des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, trois niveaux de traitement sont définis.[27]

1.4.4.3.1 Relevage

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leur poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux usées dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes.[27]

1.4.4.3.2 Prétraitement

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage)[27].

- **Dégrillage** : Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses qui sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères..[27]
- **Dessablage** : Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.[27]
- **Dégraissage** : Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées. Les graisses peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération). De nombreuses stations utilisent des dessableurs-dégraisseurs combinés cylindro-conique ou longitudinaux.[27]

1.4.4.3 Traitements primaires

- **Décantation** : La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes ; un procédé utilisé 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. La vitesse de décantation est fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.[28]
- **Coagulation-floculation** : La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, il y a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension.

La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules déstabilisées .[29]

- **Filtration** : La filtration est un procédé de séparation dans lequel il y a lieu de percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat) .[30]

1.4.4.3.4 Traitement secondaire (traitement biologique)

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des

processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies (en absence d'oxygène), ou aérobies (en présence d'oxygène). Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs.[31]

1.4.4.3.4.1 Procédés biologiques intensifs

Ce sont des systèmes d'épuration classiques qui occupent peu d'espace et consomment de l'énergie. En plus, ils ont un coût d'installation et de fonctionnement élevé. On distingue les systèmes de traitement par boues activées, lits bactériens, disques biologiques etc..[32]

- **Disques biologiques (cultures fixées)**

Les disques biologiques (ou biodisques) sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation, ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un biofilm sur deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel[33].

- **Lits bactériens**

Les lits bactériens(ou lits, filtres à ruissellement) ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Le principe de ce procédé consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. L'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 contrecourant, à travers le film biologique jusqu'au micro-organisme 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 produit par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquide et gazeux.[33]

- **Boues activées**

Les boues activées constituent l'étape de traitement secondaire dans les stations d'épuration. Cette étape a pour but d'éliminer la charge carbonée par une épuration biologique de l'eau usée. C'est un procédé mettant en œuvre un réacteur aérobie à biomasse en suspension.[34]

Le procédé d'épuration par boue activée consiste à mettre en contact dans un réacteur biologique aéré les eaux usées avec les micro-organismes en suspension. Le mélange eaux usées - floccs bactériens est appelé liqueur mixte. Après un temps de contact suffisant, cette liqueur est envoyée dans un décanteur, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration élevée en biomasse.

Dans le bassin d'aération, les micro-organismes s'agglomèrent sous forme de floccs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes.[35]. Les caractéristiques du procédé par boue activée sont les suivantes :

- Temps de séjour dans le bassin d'aération de 20 à 50 heures.
- Temps de séjour dans le clarificateur de 5 à 10 heures.
- Volume du bassin d'aération par équivalent habitant (Eqh) : 0,2 m³.
- Volume du clarificateur par Eqh : 0,05 à 0,1 m³.
- Recirculation des boues : 5 à 10% des boues sont extraites du circuit chaque jour, en fonction de leur concentration dans le bassin d'aération et de la quantité présente dans le bassin de décantation.
- Production de boue par équivalent habitant et par jours : 30 à 60 g de matière sèche par jour soit 1 à 3 litres de boues non épaissies.
- Dans le réacteur biologique la biomasse doit être approximativement égale à 10 fois la quantité de matière organique entrante chaque jour.[34]

1.4.4.3.4.2 Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Ils sont moins coûteux et sont deux types : le lagunage, l'épandage.[32]

- **Lagunage naturel**

C'est une technique d'assainissement des eaux usées par un système ouvert de bassins successifs, qui permet d'épurer complètement les matières organiques. Les micro-organismes qui sont à la base de la dépollution se développent en suspension dans des bassins dont la profondeur n'excède pas 1,2 m. Il convient de prévoir trois bassins en série. La production de l'oxygène est assurée par des algues qui se développent naturellement dans les bassins et à partir du phénomène de la photosynthèse.

Ce procédé permet d'obtenir des rendements d'élimination de la pollution de l'ordre de 70 à 80% et c'est un très bon abattement de la pollution bactériologique.[36]

- **Lagunage aéré**

C'est une technique d'épuration biologique des eaux usées par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base

est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface, la consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée.

La décantation est assurée principalement par une ou deux simples lagunes. Les MES s'agglomèrent lentement sous forme de boue et doivent être régulièrement extraites.

1.4.4.3.5 Traitement des boues

La boue qui résulte de la station d'épuration est composée essentiellement de bactéries mortes, de matières organiques, des matières minérales et d'eau. Elles ont pour caractère commun d'être liquide, fermentescibles et contiennent des microorganismes qui peuvent être pathogènes. On distingue différents types de boues selon le traitement appliqué pour épurer l'eau (boues primaires et boues biologiques appelées boues secondaires).

Avant d'être acheminées pour être éliminées, les boues vont subir différents traitements en vue de réduire leur pourvoir fermentescible ainsi que leur volume.

- **Epaississement** : C'est le 1er stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues par gravité, les boues étant plus lourdes que l'eau elles se retrouvent concentrées au fond.[27]
- **Déshydratation** : Elle permet de pousser plus loin la réduction du volume des boues. Elle est effectuée sur des boues épaissies, stabilisées ou non, et vise à éliminer d'une façon plus ou moins poussée leur humidité. La déshydratation mécanique généralement employée sur les stations d'épuration de faible et moyenne importance est la déshydratation par filtre à bandes.[27]
- **Séchage** : Les lits de séchage permettent une déshydratation naturelle des boues par action de la chaleur et du soleil nécessitant une surface importante. Ils sont souvent réalisés en secours des unités de déshydratation.[27]
- **Maîtrise de la qualité des boues** : La qualité des boues dépend largement de la nature des eaux usées collectées. Les collectivités doivent donc porter une attention particulière aux industries à risques qui sont raccordées au réseau public, puisque les rejets de certaines industries dans le réseau d'assainissement collectif contribuent fortement à la pollution des eaux usées en éléments traces métalliques et en composés traces organiques, ce qui se répercute sur la qualité des boues brutes. La délivrance d'autorisation de raccordement complétée, si nécessaire, d'une convention spéciale de déversement entre les collectivités et certains consommateurs d'eau (hôpitaux, industries ...) permet de maîtriser les rejets les plus polluants.[27]

1.4.4.3.6 Traitement tertiaire (traitement complémentaire)

Les traitements complémentaires (appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage) sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique.

Dans le but, soit d'une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles, soit de la protection du milieu récepteur pour des usages spécifiques, la désinfection est appliquée dans le cas d'un milieu récepteur sensible (zone de baignade ou de conchyliculture...) car une épuration classique n'élimine pas la pollution bactériologique. On ajoute le plus souvent du chlore en sortie de station d'épuration dans un bassin de « contact » ou on traite aux rayons ultraviolets. Les traitements destinés à éliminer l'azote et le phosphore sont des traitements complémentaires.

1.4.4.3.6.1 Elimination de l'azote

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification". La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries "dénitrifiantes", sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le CO_2 produit par l'élimination des matières carbonées. Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment, être combinés à l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants.[27]

1.4.4.3.6.2 Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs (comme des sels de fer ou d'aluminium) permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.[27]

1.4.4.3.6.3 Désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone à protéger. Un réactif désinfectant (le chlore) peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel.[27]

1.4.5 Réutilisation des eaux usées épurées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées n'est pas seulement de fournir un supplément d'eau de qualité en accélérant le cycle naturel d'épuration de l'eau, mais aussi d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnemental.

1.4.5.1 Réutilisation mondiale des eaux usées traitées(REUT)

Face aux pénuries mondiales d'eau, la réutilisation des eaux usées est une voie d'avenir. Une fois traitées, les eaux usées peuvent être utilisées à différentes fins : irriguer les espaces verts ou les cultures, lutter contre les incendies, nettoyer les routes ou encore reconstituer les nappes phréatiques.

REUT a connu une croissance très rapide depuis 2000, avec des volumes d'eaux usées réutilisées augmentant de 10 à 29 % par an en Europe, aux États-Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Actuellement, dans plusieurs pays et États, dont le Mexique, la Chine, la Floride et la Californie, 1,5 à 1,7 millions de mètres cubes par jour d'eau sont récupérés par jour .[37]

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [38] rapporte qu'il existe actuellement 3 300 usines de recyclage de l'eau dans le monde, avec divers degrés de traitement pour diverses applications. La plupart de ces usines se trouvent au Japon (plus de 1 800) et aux États-Unis (plus de 800), mais il existe respectivement 450 et 230 projets en Australie et dans l'UE. Il existe environ 100 sites en Méditerranée et au Moyen-Orient, 50 en Amérique latine et 20 en Afrique subsaharienne. [38]

1.4.5.2 Réutilisation nationale des eaux usées épurées

Aujourd'hui, la stratégie nationale algérienne de développement durable se concrétise notamment à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions, à savoir : sociale, économique et environnementale [39]. La longueur totale du réseau national de santé est de 27 000 km. Hors population rare, le taux de récupération est de 85%. La quantité totale d'eaux usées rejetées chaque année est estimée à près de 600 millions m³, dont 550 m³ dans la seule agglomération urbaine du Nord. D'ici 2020, ce chiffre passera à près de 1,15 milliard de m³. La réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation devrait se concentrer principalement sur les zones traditionnellement pauvres en eau.[39]

Parmi les stations d'épuration exploitées par l'Office National de l'assainissement (ONA) dans 43 départements, certaines impliquent la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture. Fin 2011, le volume de réutilisation estimé était de 17 millions de m³/an, utilisé pour irriguer plus de 10 000 hectares de terres agricoles.[39]. Le potentiel de réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles augmentera considérablement d'environ 17 millions de m³ en 2011 à environ 200 millions de m³ en 2014, date à laquelle le nombre de stations de traitement associées atteindra 25.[39]. Douze stations d'épuration gérées par l'ONA sont impliquées dans des projets à l'étude ou en construction pour réutiliser les eaux usées traitées pour irriguer plus de 8000 hectares de terres agricoles.[39]

Un plan d'action entre l'ONA et l'ONID (Office National de l'Irrigation et du Drainage) est à l'étude, pour détermination du véritable potentiel de réutilisation éventuelle des eaux usées des stations d'épuration exploitées par l'ONA pour irriguer les périmètres d'irrigation à grande échelle (GPI) gérés par l'ONID au niveau de cinq (05) cartes hydrographiques à l'échelle nationale des bassins versants [39]

1.4.5.2.1 Réutilisation municipale

Les réutilisations municipales des eaux traitées dans les zones urbaines sont fourmillantes : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes.

En Algérie, les eaux usées épurées sont principalement utilisées dans le secteur de la protection civile. Un volume de 18763 m³d'eaux usées épurées sont récupérés mensuellement à la station d'épuration de Tipaza pour la lutte contre les incendies, et les collectivités locales récupèrent chaque mois 12 m³d'eau épurée auprès de la STEP pour nettoyer les villes de Boumerdès.[40]

1.4.5.2.2 Réutilisation industrielle

Pour certains pays, l'eau récupérée fournit 85% de la demande industrielle mondiale en eau .[41]. La REUE industrielle peut se faire dans le secteur de l'énergie, en circuits de refroidissement fermés ou ouverts. De plus, cette réutilisation peut être utilisée dans les blanchisseries industrielles, les lave-autos, le papier, la production d'acier, le textile, l'électronique et les industries des semi-conducteurs, entre autres.[42]. En Algérie, nous citerons seulement la station d'épuration de Jijel qui produit 15000 m³ d'eaux usées par mois au profit des tanneries de Jijel .[40]

1.4.5.2.3 Réutilisation pour Irrigation

Cette pratique est largement utilisée dans les pays où l'agriculture rencontre des problèmes de quantité ou de qualité de l'eau. L'irrigation utilisant des eaux usées traitées est un moyen rentable de réduire les émissions dans l'environnement et de bénéficier de l'approvisionnement en eau même en cas de sécheresse.

En Algérie, une réglementation sur la réutilisation des eaux usées a été adoptée, il s'agit notamment :

- le décret exécutif n°07-149 du 20.05.2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation et le cahier des charges type y afférent ;
- l'arrêté interministériel fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation ;
- l'arrêté interministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées ;
- l'arrêté interministériel fixant la liste des laboratoires qualifiés d'analyses de la qualité des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

La réglementation est très explicite et attire l'attention sur les moyens de contrôle et de surveillance de la qualité, la sensibilisation sur les risques, les dangers liés à la santé publique.

1.4.5.2.4 Production d'eau potable

Les eaux sont réutilisées directement lorsqu'elles ne retournent jamais dans le milieu naturel ; l'eau épurée provient directement d'une station d'épuration - une station d'épuration d'eau potable. Le seul exemple de réutilisation directe au monde se trouve à Windhoek, la capitale de la Namibie, en Afrique. Cependant, ce mode REUE sans les traitements supplémentaires apportés par le milieu naturel est déconseillé et ne doit être mis en œuvre que s'il n'y a pas d'autres solutions. Lorsque l'eau traitée est déversée dans des cours d'eau ou dans un stockage souterrain pour les usines de traitement de l'eau, la réutilisation est indirecte et non planifiée, et le lien n'est pas volontaire. Ce concept est la limite définie par REUE.

La réutilisation est indirecte et planifiée lorsqu'elle inclut le rejet intentionnel des eaux usées de l'usine en amont de la station d'épuration, sauf que ce lien soit volontaire. Cette notion est à la limite de la définition d'une REUE. La réutilisation est indirecte et planifiée lorsqu'elle inclut le rejet volontaire des eaux usées de l'usine en amont de la station d'épuration, au niveau de la masse d'eau ou de la nappe phréatique, comme dernier réservoir naturel avant pompage et traitement. La production d'eau potable est le résultat le plus extrême de la réutilisation des eaux usées traitées. Elle est présente principalement dans les régions arides ou semi-arides.[43]

1.4.5.2.5 Recharge de nappes phréatiques

La principale motivation de la recharge des eaux souterraines est de réduire sa qualité environnementale et/ou de réduire son stockage d'eau. Cette méthode de réutilisation se produit principalement dans les régions arides où l'assèchement des eaux souterraines doit être traité, ou dans les zones côtières où les eaux souterraines sont envahies par l'eau de mer. Il existe deux moyens de recharger la nappe phréatique : • Par infiltration : Le principal problème rencontré est celui des algues qui pullulent dans les bassins.

Les solutions préconisées sont variées : introduire du poisson, de l'algicide, de l'eau de teinture pour éviter la photosynthèse, faire circuler l'eau pour éviter la stagnation, éviter le stockage dans les lacs peu profonds, éviter trop l'eau stagnante. Longez et couvrez le réservoir. Un autre problème est la formation de microfilms de limon, d'argile et de micro-organismes au fond du bassin, qui obstruent le bassin ; • par recharge directe : L'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits.[43]

1.4.6 Risques liés à la réutilisation des eaux usées

1.4.6.1 Notion de risque

Le risque est « une notion abstraite, inobservable directement, une catégorie de statut intermédiaire entre celle des dangers et celle des dommages ». C'est un événement à venir, donc incertain.

Les études d'estimation du risque distinguent deux types de risque : le risque potentiel (qui comprend le risque théorique et le risque expérimental) et le risque réel [43].

- **Risque théorique** : également appelé danger, est défini par le critère d'absence ou de présence d'un contaminant (microorganisme, micropolluant métallique, ...). Il dépend de la population qui produit les eaux usées et d'autres facteurs (présence de rejet industriel, réseau unitaire, ...). Son calcul, réalisé à partir de la probabilité d'infection en fonction de la dose, est une approche de haute technicité, coûteuse et permettant d'estimer des risques pour la santé publique très faibles [44].
- **Risque expérimental** : est le risque que le contaminant soit transmis à un individu. Il dépend de la dose de départ, de l'efficacité du traitement, de la capacité de survie (pour les microorganismes) ou de rétention (pour les micropolluants) et de la dose minimale nécessaire pour contaminer un individu (i.e. dose infectante pour les microorganismes et seuil de toxicité pour les micropolluants).
- **Risque réel** : correspond à la probabilité d'être contaminé dans une population exposée [43]. Il dépend des facteurs liés au risque potentiel, et dépend également des capacités immunitaires (naturelles ou acquises) de l'individu, ainsi que d'autres facteurs comme l'âge, le sexe, l'état de santé, la nutrition, l'hygiène et la capacité diagnostique (clinique, sérologique et portage) des acteurs de santé. Sa détermination, réalisée à partir d'études épidémiologiques, est une approche de technicité relativement simple, d'un coût réduit et permettant de maîtriser le risque [44].

Après ces brèves définitions de la notion de risque dans sa globalité, il convient de s'intéresser aux risques intrinsèquement liés à une réutilisation des eaux comme le risque microbiologique, chimique et environnemental ainsi qu'aux maladies à transmission hydrique (MTH) engendrées par ces derniers.

1.4.6.2 Risque microbiologique

Les fèces des personnes et des animaux infectés représentent la source principale des pathogènes présents dans les eaux usées. De ce fait et selon [45], la nature et la concentration des microorganismes pathogènes des eaux usées dépendent de la santé des populations sources.

Il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes [46]. Ils vivent donc à la surface des plantes et sur le sol où le microclimat leur est favorable. Des infections parasitaires dues aux ascaris et aux bactéries ont été observées chez les consommateurs des produits végétaux infectés. Le risque de contamination est élevé dans le cas de la réutilisation des eaux usées brutes comparativement à l'utilisation des eaux usées traitées [47].

Les helminthes représentent le risque microbiologique principal, suivi par les affections bactériennes (choléra et Shigellose) dans les pays en cours de développement et enfin, de façon très limitée, les virus.

Afin de limiter l'impact sanitaire de la réutilisation d'eaux usées pour irriguer des plantes destinées à la consommation humaine, les modes d'arrosage localisés avec le système goutte à goutte ; sont recommandés ([48];[49]). Le système goutte à goutte expose moins les professionnels et les consommateurs. Les risques sont possibles pendant la maintenance des goutteurs qui se bouchent fréquemment à cause des matières en suspension dans l'eau [50].

Les populations humaines telles que les consommateurs de légumes crus, les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite, les travailleurs agricoles et les populations avoisinantes, sont exposées à une pathologie associée de manière certaine à une utilisation agricole d'effluents bruts ou traités[50].

Pour les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite, la contamination par le ver solitaire est possible car les bovins sont des hôtes intermédiaires. Pour les travailleurs agricoles, le risque est plus élevé pour les helminthes. Dans le laboratoire, l'exposition aux entérovirus est plus élevée.

1.4.6.3 Risque chimique

Les faibles concentrations en micropolluants dans les eaux usées traitées présentent des risques de toxicité humaine à court terme et des maladies à plus long terme. Le danger réside donc dans la consommation de végétaux contaminés. Toutefois, certains de ces éléments peuvent être intéressants pour la croissance végétale et il convient de trouver un équilibre entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique.

Le risque posé par les effets à long terme de ces produits, pour lesquels il n'existe souvent aucune étude, est encore inconnu. De même, l'apparition de nouvelles substances toxiques n'est pas à exclure et il faut rester prudent, surtout vis-à-vis d'eaux usées traitées urbaines qui, dans certains cas, pourraient avoir des caractéristiques chimiques différentes et des concentrations plus importantes. Enfin, il ne faut pas oublier que les éléments traces ont tendance à s'accumuler dans les boues de STEP plutôt que dans l'eau traitée ; le risque chimique semble alors moindre.

1.4.6.4 Risque environnemental

Le risque environnemental s'inscrit à la fois dans une optique de protection des ressources en eau et de préservation du sol. De plus, ce risque est intimement lié aux deux précédents.

Dans un contexte agricole, l'influence d'un excès de bore et d'autres éléments traces éventuels, l'affectation du rendement par la salinité, le risque d'alcalinisation des sols par excès de sodium et la réduction de la perméabilité du sol, l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques tel que le chlore et le bore, un excès de nutriments (azote, phosphore, potassium) ou les brûlures de feuille par le sel en cas d'aspersion, doivent être pris en considération[44].

1.4.6.5 Maladie à transmission hydrique (MTH)

L'eau contaminée et le manque d'assainissement entraînent des maladies comme le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite.

La diarrhée est la maladie la plus connue associée aux aliments et à l'eau contaminée, mais elle n'est pas la seule. En 2017, plus de 220 millions de personnes avaient besoin d'un traitement préventif de la schistosomiase, une maladie aiguë et chronique causée par des vers parasites qui peuvent être présents dans l'eau.

Dans de nombreuses régions du monde, les insectes vivants ou se reproduisant dans l'eau sont vecteurs de maladies, comme la dengue. Certains d'entre eux se reproduisent de préférence dans une eau propre, et les conteneurs d'eau pour la consommation des ménages peuvent servir de gîtes larvaires. L'intervention simple, consistant à couvrir les conteneurs pour la conservation de l'eau, permet de réduire la reproduction des vecteurs et pourrait avoir l'avantage concomitant de diminuer la contamination fécale de l'eau au niveau des ménages.

1.5 Boue résiduaire et sa valorisation

La boue résiduaire désigne le mélange de solides et d'eau qui est enlevé d'un décanteur ou qui s'accumule au fond d'unités d'élevage. Dans le traitement des eaux usées, il s'agit du dépôt de vase semi-solide subsistant après l'élimination de la plus grande partie des liquides contenus dans les eaux résiduaires. Elles peuvent être traitées dans une fosse septique mais sont souvent inexploitable. Les boues résiduaires sont surtout des boues d'épuration.[51]

L'épandage agricole pour éliminer les boues est le principal mode de recyclage.

La valorisation énergétique regroupe différentes technologies qui convertissent la partie organique des boues en énergie. La valorisation énergétique peut être une voie d'élimination complémentaire ou alternative à la valorisation matière agricole. Le recyclage des boues sur site à la station d'épuration permet d'améliorer le bilan environnemental en réduisant le transport des boues et en générant de l'énergie (chaleur, électricité) directement consommée à la station.[51]

1.5.1 Origine et nature de la boue

Les boues d'épuration sont des déchets issus de l'épuration des eaux usées dans les stations d'épuration, constituées de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes (surtout des bactéries dégradantes issues de "biomasses épuratrices") et d'eau (à 99%).[51]

1.5.1.1 Boue de prétraitement (boue primaire).

Les boues primaires sont issues d'un traitement des effluents par simple décantation des matières en suspension (MES) organiques et minérales dans les eaux usées. Lors de cette étape de traitement des eaux usées, jusqu'à 70% de MES peuvent être

retenues et ainsi se retrouver dans les boues. Le volume de ces boues tend à diminuer avec le développement des procédés de traitement des eaux usées.[52]

1.5.1.2 Boue de l'épuration biologique (boue secondaire).

Les boues biologiques sont issues d'un traitement bactérien (dit « biologique ») qui consiste en une oxygénation intense du milieu par des aérateurs ou des suppresses. Ces boues sont principalement constituées de déchets, de microorganismes aérobies et sont riches en matières organiques. Elles sont périodiquement retirées pour maintenir la dynamique de croissance bactérienne dans ces bassins, où ils se nourrissent et digèrent la matière organique des eaux usées. Ces dernières années, les clarificateurs à boues activées ont été remplacés dans certains cas par des membranes d'ultrafiltration.[52]

1.5.1.3 Boue de traitement physico-chimique (boue tertiaire)

Les boues de traitement secondaire physico-chimique proviennent de l'agglomération des matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées, par ajout de coagulants (sels de fer ou d'aluminium), puis séparées par sédimentation. Lors de cette étape de traitement des eaux usées, jusqu'à 90% de MES peuvent être retenus et ainsi se retrouver dans les boues. Ces boues contiennent la plupart des sels minéraux de l'eau brute et des coagulants ; elles proviennent principalement des stations d'épuration situées dans les zones touristiques.[52]

1.5.1.4 Boue de fermentation (boue de digestion)

La digestion a lieu dans un digesteur à enveloppe fermée. L'isolation est généralement obtenue avec des doubles parois, l'espace intermédiaire est vide ou rempli d'isolant (laine de verre, matériau intumescent). Des murs composites sont également réalisés sur de grandes structures. L'ensemencement avec des boues digérées provenant d'une autre unité facilite le démarrage du digesteur. Il s'agit d'un brassage intensif, d'un brassage mécanique ou par insufflation du gaz de digestion. Ce mélange augmente les chances de rencontres entre les micro-organismes et le matériau à dégrader. Il homogénéise également la température. Quant à l'approvisionnement en boues fraîches, il doit être le plus régulier possible, et l'eau surnageante doit être puisée et ramenée à la station régulièrement.

La température doit varier assez peu, les valeurs optimales étant voisines de 37°C (digestion mésophile) ou de 55°C (digestion thermophile). Dans ce dernier cas, la dégradation des matières est parfois plus rapide mais irrégulière : le bilan énergétique est moins favorable et le procédé plus sensible aux variations de charge. Les meilleurs résultats sont atteints lorsque la température est régulée.

La durée de séjour des boues ne doit pas être inférieure à 10 ou 12 jours avec les installations équipées parfaitement, et à 25 ou 30 jours dans le cas contraire pour respecter un taux de dilution inférieur au taux de croissance des micro-organismes. Mais de façon générale, ce temps varie selon la température et aussi selon le pourcentage de matières volatiles contenues dans les boues.

Un digesteur doit normalement être équipé de dispositifs de contrôle du débit de gaz, de la teneur des gaz en gaz carbonique (25 à 35% de CO₂).

Les boues fraîches restent dans le digesteur pour la fermentation. Après le malaxage avec le gaz digéré et chauffage, les boues restent environ 50 jours et libèrent une partie de l'eau. Sous la fermentation anaérobie qui a lieu dans la boue, une partie de la matière organique est décomposée en minéraux et en gaz. Cette digestion produit donc un mélange gazeux (biogaz CH₄ + CO₂ : jusqu'à 70% de méthane peut être obtenu), un mélange combustible qui peut être récupéré dans la cloche du compteur de gaz au-dessus du digesteur et raccordé à un compteur de gaz de stockage ou la pression est une quelques barres. Une partie du gaz (après élimination du CO₂ par épuration) est utilisée pour chauffer et mélanger le digesteur. Le complément est sur-pressé à l'usine d'épuration et peut être livré à une usine à gaz voisine (la station d'épuration de Dijon fournit plus de 1500 m³ /j de gaz à l'usine EDF). D'autres éléments peuvent être présents en faible proportion : CO, N₂, O₂, hydrocarbures et H₂S.

Avec cette technique, on peut obtenir une production de 200 à 400 m³ de gaz par m³ de digesteur et par an. L'excédent de gaz peut conduire à une production d'énergie électromécanique.

1.5.2 Composition des boues

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement pratiqué dans la station d'épuration. Les boues représentent une matière première constituée de plusieurs éléments (matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), éléments traces métalliques, éléments traces organiques et agents pathogènes) [53]

1.5.3 Propriétés physicochimiques des boues

La composition des boues d'épuration varie suivant plusieurs critères.

- **Taux de matière sèche (ou la siccité)**

Une boue ayant une siccité de 15 % présente un taux d'humidité de 85 %. La matière sèche des boues d'épuration est constituée à la fois de matière organique et de matière minérale.[54]

- **Taux de matières volatiles sèches (MVS)**

C'est la part de la matière sèche pouvant facilement être biodégradable. Ainsi, plus ce taux de MVS est élevé, plus la capacité à produire du biogaz est importante.[54]

- **Consistance des boues**

La consistance des boues dépend de leur taux de matière sèche. On distingue quatre niveaux de consistance :

- ✓ boues liquides avec une siccité de 0 à 10 % ;
- ✓ boues pâteuses avec une siccité de 10 à 25 % ;

- ✓ boues solides avec une siccité de 25 à 85 % ;
- ✓ boues sèches avec une siccité supérieure à 85 % [54].

Les eaux subissant une épuration biologique par lit bactérien produisent des boues:

- ✓ ayant une siccité de 2 à 5 % ;
- ✓ ayant un taux de MVS de 60 à 70 %.

Les eaux subissant une épuration naturelle par lagunage produisent des boues :

- ✓ ayant une siccité de 5 à 10 % ;
- ✓ ayant un taux de MVS de 30 à 60 % [54].

1.5.4 Propriétés biologiques des boues

Quatre familles de micro-organismes : les virus, les bactéries, les protozoaires et les vers dont la grande majorité d'entre eux proviennent des matières fécales. Les micro-organismes peuvent être à l'origine d'infections bénignes (ex : gastro-entérite) et de maladies mortelles (choléra).

1.5.4.1 Bactéries

En générale, les bactéries présentes dans les boues sont d'origine fécale ; et peuvent être pathogènes, composées à 57 % de Gram (-) et 53 % de Gram (+)[53]. On peut citer par exemple : les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridium sulfito-réducteurs

-Coliformes totaux où leur présence en excès dans l'eau (10 coliformes par 100 ml et plus), annonce une contamination de l'eau potable. Les bactéries atypiques, quant à elles, agissent comme un voile lorsqu'elles sont en forte concentration dans l'eau. [55]

-Coliformes fécaux : Ils se développent à 44°C, dont la principale bactérie fécale est *Escherichia coli*. [56]

-Streptocoques fécaux appartiennent à la famille des streptococcaceae. Ce sont des cocci, asporulantes, immobiles. [57]

-Clostridium sulfito-réducteurs appartiennent à la famille des Bacillaceae. Ce sont des bacilles souvent gazogène, capable de réduire le sulfite de sodium en sulfure d'où la présence d'un halo noir autour des colonies (due à la formation de sulfure de fer). Ils sont souvent considérés comme des témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente. [58]

1.5.4.2 Virus

Il s'agit des entérovirus, des adénovirus absorbés sur les matières solides des boues dans une proportion non négligeable environ 30% [53]. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. [59]

1.5.4.3 Parasites

Parmi lesquels, on peut citer : les œufs d'ascaris, les œufs d'helminthes, de *Tenia* ou des formes enkystées de *Giardia* ou *Trichomonas*[53]. Les helminthes sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). 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). [60]

1.5.4.4 Champignons

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air, non pathogènes pour les animaux et l'homme. Certaines moisissures sont phytopathogènes et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agriculture comme *Fusarium*[53].

1.5.4.5 Algues

On trouve peu d'algues dans les boues primaires et secondaires par contre dans le lagunage naturel une grande partie des boues est constituée de détrites d'algues. [61]

1.5.4.5 Protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires, plus complexes et plus gros que les bactéries. Ils sont très abondants dans les boues activées et jouent un rôle important dans la clarté finale de l'effluent. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées [62]. Cinq espèces fréquentent la boue : *Chilodonellaunicinata*, *Operculariamicrodiscum*, *Aspidiscacostata*, *Trachelophyllum*, *Carchesiumpolypinum*. [61]

1.6 Réglementation mondiale et nationale des eaux usées

1.6.1 Normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Les recommandations de l'OMS sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde (tableau 2, annexe 3). Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un vide juridique pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car c'est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement.

L'OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées, qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé

de tous les maillons de la chaîne alimentaire jusqu'au consommateur. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants : le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits.[63]

Tableau 1.3 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des Eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2000).

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

* Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

* Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

* Pendant la période d'irrigation.

* Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

* Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau 1.4.

Tableau 1.4 : Normes de rejets internationales OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/1
DCO	<90 mg/1
MES	<20 mg/1
NH+4	<0,5 mg/1
NO2	1 mg/1
NO3	<1 mg/1
P2O5	<2 mg/1
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

1.6.2 Normes nationales pour l'irrigation sans risque pour le recyclage des eaux usées traitées.

La réglementation algérienne est assez succincte concernant la réutilisation des eaux usées épurées. Les textes de la loi n° 05-12 du 04.08.2005 (arts. 2 ; 4 ; 43 ; 46 ; 52 ; 77 ; 82 ; 93 et 130) relative à l'eau sont [64].

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamental, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. Sa préservation exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales (tableau 1.5 ; 1.6).[64]

La réutilisation des eaux usées épurées est considérée comme une méthode de réduire les pénuries d'eau, en particulier dans l'activité agricole. L'organisation mondiale de la santé et la République algérienne a adopté des règles pour réutilisation les eaux usées notamment en agriculture pour une protection de l'environnement et en même temps assurer la sécurité des consommateurs.

Selon ONA (2019) ; durant le mois de Janvier 2019, un volume de 982 216 m³ d'eaux épurées par les 16 STEP, ont servi à l'irrigation de 11 045 hectares de superficies agricoles, soit un taux de la REUE de 31 % du volume épuré par les 16 STEP concernées et à 5 % du volume total épuré par l'ensemble des 153 STEP en exploitation par l'ONA. C'est un volume qui doit augmenter ; nous recommandons une réutilisation des eaux usées épurés sur tout le territoire national surtout dans les zones agricoles.[65]

Tableau 1. 5 : Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JORADP, 2012).

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (oeufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	< 1	Seuil recommandé < 1000
Cultures du groupe précédent (CFU/10 0ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	1000

- (1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.
- (2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.
- (3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.
- (4) Une directive plus stricte (< 200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
- (5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

Tableau 1. 6 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JORADP, 2012).

	Paramètres	Unité	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR =		
	0-3 CE	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
12-20	1.3		
20-40	3		
Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO ₃ -N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercur	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0	

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

1.7 Dysfonctionnements rencontrés dans les STEP

Les stations d'épuration, notamment celles utilisant le procédé des boues activées, peuvent être sujettes à des défaillances qui limitent la fiabilité des performances épuratoires. Ces problèmes sont apparus très tôt avec le développement des boues activées mais leur fréquence s'est accrue avec l'introduction des procédés conçus pour l'élimination de l'azote et du phosphore. Deux types de dysfonctionnements :

1.7.1 Dysfonctionnement technique

Les pannes mécaniques au niveau du prétraitement (dessablage etc..)

Endommagement des aérateurs responsable de l'aération

Les fuites au niveau du compartiment de produit de désinfection

Endommagement des sondes : cedox - O2 - débit

1.7.2 Dysfonctionnement biologique :

- Vieillesse des boues

- Effluent entrant toxique

- Augmentation du taux bactériens suite à l'absence de chloration

- **L'eau usée domestique**

L'eau résiduelle du ménage contient :

Des éléments physiques : déchets ménagers versés par inadvertance dans la conduite d'eau (contenants plastiques, épilateurs, etc.),

Des éléments chimiques rejetés après les toilettes, la lessive et le lavage des vaisselles ou de la voiture à l'instar des détergents, des savons, des produits cosmétiques ou encore les huiles de cuisson ou les graisses et résidus de carburant des voitures,

Des éléments organiques comme les restes de nourriture ou les déjections qui passent du WC à la fosse septique.

De nombreux facteurs sont susceptibles d'affecter le comportement des boues activées dont :

- La nature de l'eau usée et le réseau
- La conception de la station
- L'exploitation de la station.

Parmi les problèmes les plus couramment rencontrés, on retiendra :

- Le non-respect des normes
- Le moussage
- Le foisonnement filamenteux

1.7.3 Nature de l'eau usée

Il existe deux types d'eau usée : urbaine (domestique) et industrielle (zone industrielle)[66]. Les stations d'épurations peuvent être divisées sur 3 parties :

STEP à faible charge : généralement les STEP urbaines comme la STEP de Bouzedjar

STEP à moyenne charge : comme la STEP d'El kerma

STEP à forte charge: comme la STEP d'Alger

1.7.4 Vieillesse des boues

Indice de boues : L'indice de boue représente le volume occupé par un gramme de boue après trente minutes de décantation statique dans une éprouvette d'un litre à paroi transparente graduée. Noté IB, il est défini par le rapport $V_{30}/[MES]$. [67]

Age des boues : C'est un paramètre très important car un âge très élevé provoque l'apparition des métazoaires (nématodes) et diminue le pouvoir épuratoire de la masse bactérienne.

1.7.5 Dysfonctionnement du traitement primaire

Les dysfonctionnements du traitement primaire peuvent être :

- ✓ Panne mécanique au niveau du pont racleur ;
- ✓ Endommagement au niveau des pompes ;
- ✓ Aérateur endommagé.

1.7.6 Non-respect des normes

Pour éviter une dérive des différents paramètres, il faudra adapter les paramètres d'exploitation à :

- la charge entrée biologique
- aux caractéristiques de l'eau entrée
- à la température (âge des boues minimum pour la nitrification)
- fournir correctement l'oxygène
- assurer le brassage (supprimer les dépôts)
- extraire régulièrement les boues en excès (maintenir un âge de boue aéré proche de l'âge minimal)
- ne pas stocker de flottants, principalement dans les zones non aérées.
- recirculer correctement les boues du clarificateur (limiter le temps de séjour des boues à 2 h).[66]

Parmi les décrets et normes utilisés :

- Décret 209-2009 (eau usées entrée)
- Décret 1993 (eau épurée sortie)
- Iso 9001 : organisation des documents, planification, traçabilité

- Iso 14001 : environnement, classement des déchets, classement des produits, stockage

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons dressé un aperçu sur les généralités des eaux usées et leur impact sur l'environnement, les procédés d'épuration utilisés, la boue résiduaire et ses propriétés, les domaines de la réutilisation des eaux épurées et traités avec la réglementation qui lui convient et finalement les dysfonctionnements rencontrés dans les STEP.

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

Introduction

Une station d'épuration des eaux usées est un centre de traitement de l'eau, doué de deux missions bien distinctes : La première consiste à recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leur rejet dans la nature. La deuxième opte pour la protection de toutes les composantes de l'environnement à savoir : l'eau, la biomasse, la terre et l'air mais aussi à contribuer pour réutiliser les eaux épurées en irrigation et les boues issues de l'épuration à des fins agricole.

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (à l'entrée) et de l'eau épurée (à la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la STEP de Bouzedjar et le processus de traitement utilisé, la performance de la STEP a travers les différents analyses et caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

2.1 Description générale de la zone d'étude

2.1.1 Description de la Wilaya Ain-Temouchent

Sa situation géographique

La wilaya Ain-Temouchent, issue du découpage administratif de 1984, est située au carrefour de trois grandes wilayas qui sont : Oran, Sidi Belabbes et Tlemcen. Elle est limitée au nord par une bande côtière de 80 Km ; composée de 08 daïras et 28 communes.

Sa population : D'une superficie de 2376,89 Km², la wilaya d'Ain-Temouchent compte une population estimée au 31/12/2009 à 379592 habitants, soit une densité moyenne de 160 habitants / Km².

Climat à Ain-Temouchent

La wilaya Ain-Temouchent a un climat méditerranéen caractérisé par un été chaud et un hiver tempéré. Les étés sont courts, très chauds, humides, arides et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont longs, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6°C à 31°C et est rarement inférieure à 2°C ou supérieure à 35°C.

Précipitations à Ain-Temouchent

Sur l'année 2021, la température moyenne à Aïn-Temouchent est de 19.1°C et les précipitations sont en moyenne de 316.2 mm.[68]

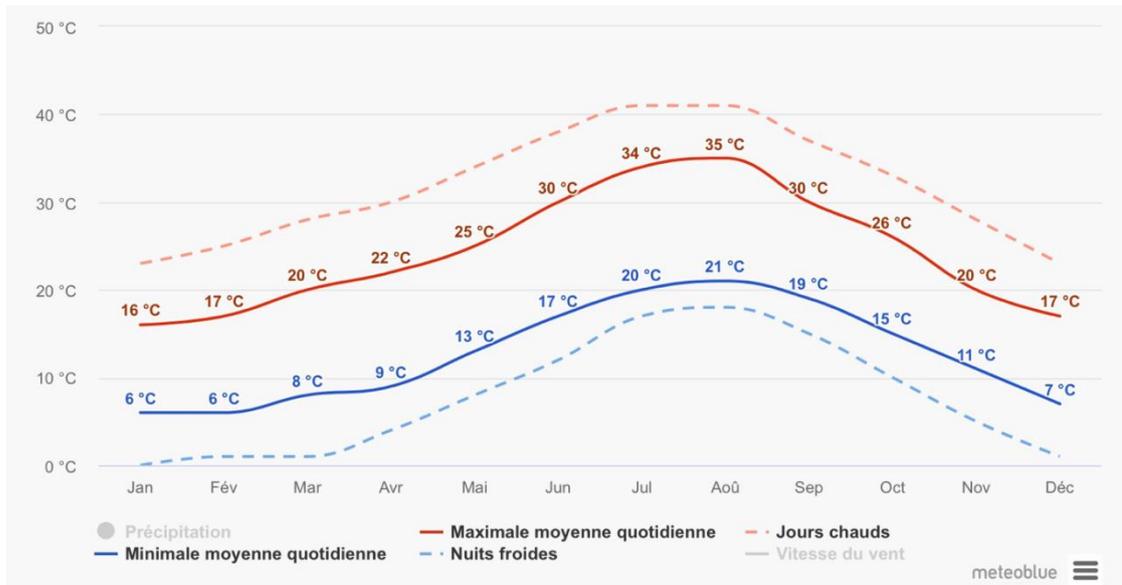


Figure 2.1 : Températures et Précipitations moyennes à Ain-Temouchent.

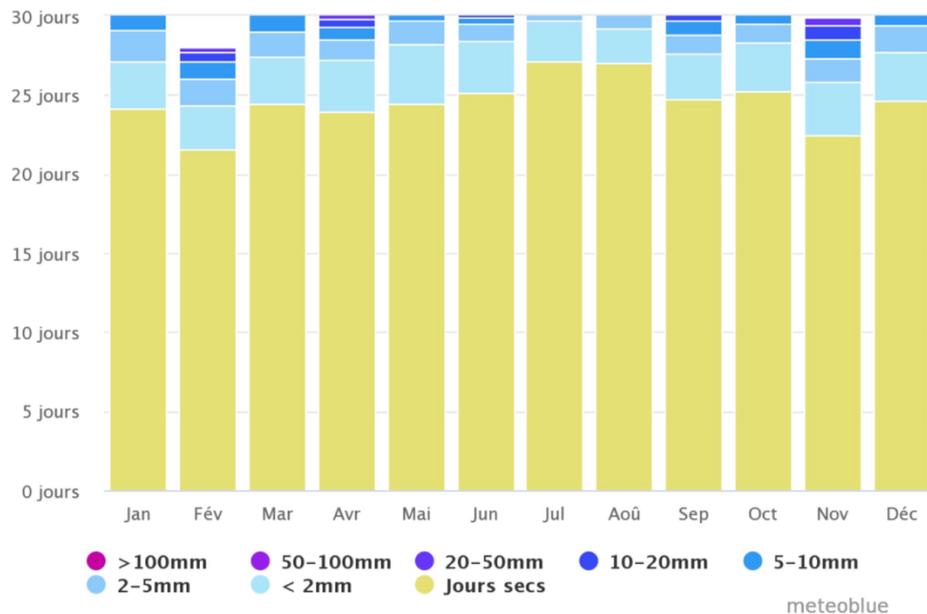


Figure 2.2 : Les quantités de précipitations à Ain Témouchent

Le diagramme de la précipitation pour Ain-Temouchent indique depuis combien de jours par mois, une certaine quantité de précipitations est atteinte. Dans les pluies tropicales et la mousson peut être sous-estimée.[68]

Vent à Ain-Temouchent

Le diagramme d'Ain-Temouchent montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Un exemple intéressant est le plateau tibétain, où la mousson crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre.[68]

2.1.2 Description de la station d'épuration de Bouzedjar

La station d'épuration de Bouzedjar est une STEP, réalisée en 2009 sur une superficie de 2 hectares. Elle a été mise en service en août 2013 et dispose d'une capacité globale de 19000 EH ou habitants ce qui équivaut un débit journalier de 2280 m³/j à l'horizon de 2020. Cette capacité pourra atteindre en 2035 les 2640 m³/j (soit 22000 EH). la station de BOUZEDJAR pourra irriguer, selon la même source, 140 hectares de terres agricoles et répondre aux besoins des agriculteurs de cette commune relevant de la daïra d'EL-AMRIA

C'est une usine de traitement des eaux usées destinée à recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leur rejet dans leur milieu naturel, rendre les eaux naturelles propres et sans danger pour l'utilisation humaine.

La station d'épuration de Bouzedjar est destinée au traitement des eaux résiduaires urbaines des villes de Bouzedjar, de M'Said et de Houaoura.[69]

2.1.2.1 Localisation géométrique de la station (google maps)

La STEP est située au nord-est (zone littoral) de la wilaya d'Ain-Temouchent, Algérie,



Figure 2. 5 : Localisation de la STEP (google maps).

2.1.2.2 Fiche technique et données

Wilaya : Ain-Temouchent

Commune : Bouzedjar

Localités concernées par le traitement : Bouzedjar, El msaaïd , El houaoura.

Maitre d'ouvrage : Direction de l'hydraulique Ain-Temouchent

Nature des eaux épurées : Résiduaire urbaine

Lieu de rejet : Oued Ferra vers la mer méditerranéenne

Date d'ODS de commencement : 06 juin 2009

Entreprise Génie civil : Inter entreprise

Entreprise Equipement : Inter entreprise

Superficie de l'assiette : 2 (h)

Date de mise en service : Aout 2013

Date prévisionnelle du transfert vers ONA : Fin janvier 2016. [69]

Gestion « Exploitation » :

Organisme gestionnaire : ONA

Mode de gestion : Délégation

Caractéristique technique de conception

Procédé de traitement : Boue activée à faible charge.

Capacité d'épuration (Eq/Hab) : 19 000 (Horizon 2020) / 22 000 (Horizon 2035)

Débit installé (M³/jour) : 2280 (Horizon 2020) / 2640 (Horizon 2035). [69]

Station de relevage en amont de la STEP :

Nombre de stations de relevage : 2

L'eau traité depuis la première mise en marche : 1439440 m³ (prise le 10/04/2022).

Personnel :

Ressources humaines déployés sur site :

01 contremaitre maintenance

04 operateurs

03 agents d'exploitation

01 agent technique polyvalent

04 gardiens

Moyens de communication :

01 téléphone mobile

01 téléphone fixe et un fax

Durée de travail :

La durée légale de travail est fixée à quarante (40) heures par semaine dans les conditions normales de travail et comprend la pause repas qui est de trente (30) minutes par jour. Elle peut être augmentée pour certains postes de travail comportant des périodes d'inactivité. Durant le mois de ramadhan, l'amplitude hebdomadaire de travail est fixée à trente-sept heures trente minutes (37 h 30).[69]

2.1.2.3 Quantité et qualité des eaux usées de la STEP (avant 2022)

Débit d'eau usée

Tableau 2. 1 : Différents débits des eaux usées dans la STEP

Paramètre	Unité	Valeur
Equivalent Habitant	E.H	19000
Débit moyen journalier	m ³ /J	2280
Débit moyen horaire-temps sec	m ³ /H	95
Débit moyen horaire diurne	m ³ /H	190
Débit moyen horaire nocturne	m ³ /H	190

2.1.2.4 Etapes de traitement de la station d'épuration de Bouzedjar

2.1.2.4.1 Poste de relevage

La principale contrainte dimensionnelle d'un poste de relevage est le volume de la bache d'eau disponible. Dans le cas d'utilisation de pompes immergées la hauteur à prendre en compte est celle comprise entre le niveau d'eau maximum et le dessus de la volute des pompes.[69]

$$V = Q / 4 \times N \times Z$$

V = volume de la bache m³

Q = débit de la plus petite pompe en fonctionnement régulier en m³/h

N = nombre maximal autorisé de démarrage dans l'heure de chaque groupe :

- 8 à 10 pour les pompes de petits débits < 100 m³/h
- 5 à 6 pour les autres groupes

Z = nombre de groupe de pompage en service si permutation automatique des groupes.

Les effluents arrivant à la station d'épuration ont pour origine :

- Le village de Bouzedjar qui est équipé d'un poste de relevage dont le débit de pointe de 163 m³/h environ,
- Les villages de M'Said et d'Houaoura, alimentation gravitaire 105 m³/h.

Le poste de pompage du village de Bouzedjar comporte :

- 3 pompes dont une en secours automatique dont une en secours
- Débit unitaire : 25 l/s sous 56,5 m de HMT.

En amont des pompes il est prévu l'installation d'un dégrilleur mécanique qui évitera des rejets directs d'effluents non traités par suite de colmatage du dégrilleur manuel initialement prévu. [69]

2.1.2.4.2 Dégrillage

Avant le traitement biologique, les effluents seront prétraités, c'est à dire débarrassés de tous résidus grossiers et matières en suspension importantes. Cette opération sera réalisée par un dégrillage avec espacement de 20 mm la largeur 0,80 m.

Un canal de sécurité adjacent au canal principal sera équipé d'une grille. [69]

2.1.2.4.3 Dessableur – Déshuileur

Par la suite les prétraitements seront composés d'un ouvrage combiné de déshuilage– dessablage cylindro-conique de caractéristiques :

- Diamètre : 4,00m
- Hauteur verticale de l'effluent : 1,50m
- Surface : 12,57 m²
- Volume : 27,23 m³

Les graisses sont flottées par de fines bulles d'air créées par une turbine immergée de puissance 2,2 kW.

Elles sont raclées mécaniquement pour être stockées dans un bac de concentration de volume d'où elles seront reprises par les services d'exploitation pour évacuation dans une benne mobile.

Les sables et autres matières décantées au fond de l'ouvrage sont repris par une pompe à roue Vortex de débit 20 à 30 m³/h, et évacués vers un classificateur à vis qui permettra la séparation des sables et matières organiques. Les sables essorés seront stockés dans une remorque mobile. [69]



Figure 2. 6 : Dessableur - Déshuileur.

2.1.2.4.4 Fonctionnement du déshuileur :

- Face au débit moyenne : 110 m³/h

- Vitesse ascensionnelle par rapport au débit de pointe : 8,75 m/l
- Temps de passage par rapport au débit de pointe : 14,85 mn
- Face au débit maximal : 285 m³ /h
- Vitesse ascensionnelle par rapport au débit de pointe : 17,11 m/l
- Temps de passage par rapport au débit de pointe : 7,60 mn. [69]

2.1.2.4.5 Bassin de contact

Afin d'éviter la formation de bactérie filamenteuses nous proposons en amont de traitement biologique la réalisation d'un bassin de contact où transiteront les eaux brutes et les boues recirculées. L'homogénéisation de cet ouvrage est assurée par un agitateur immergé. Le volume du bassin de contact est de 61 m³, soit un temps de passage par rapport au débit maximum de 12,8 mn.[69]

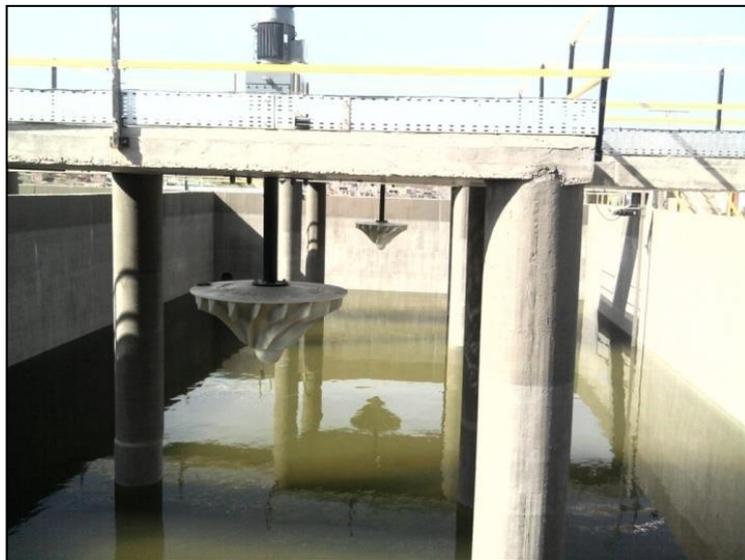


Figure 2. 7 : Bassin de contact



Figure 2. 8 : Agitateur immergé.



Figure 2. 9 : Bassin de contact en cours de travail.

2.1.2.4.6 Traitement biologique par boues activées

Le traitement biologique par boues consiste à développer une culture bactérienne dispersée sous forme de floes dans un bassin brassé et aéré alimenté en continu en eau à épurer.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur (ou décanteur secondaire), destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactérie épuratrices. L'excédent (boues en excès), est extrait du système et évacué vers le traitement des boues.

Les boues activées se différencient par leur charge massique (C_m) qui donne une approximation du rapport entre la masse journalière de pollution à éliminer, et la masse de bactéries épuratrices mises en œuvre. Dans le cas de Bouzedjar, dont le traitement est en aération prolongée les valeurs limites sont : $C_m < 0,11 \text{ kg DBO}_5/\text{j/kg MVS}$.

La notion de charge volumique (C_v) moins caractéristique du procédé est fréquemment utilisée. Selon le degré d'épuration et la concentration en boues de la liqueur mixte dans le bassin d'aération, on admet communément les valeurs suivantes : $0,15 < C_v < 0,4 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$.

L'aération est assurée par des aérateurs de surface (turbine verticale ou brosse horizontale) dont la fonction est de pomper l'eau dans le bassin et de la diffuser sous forme de fines gouttelettes dans l'air afin de permettre le contact des bactéries avec l'oxygène de l'air. [69]

Pour la station de Bouzedjar, les effluents prétraités sont admis dans le bassin d'aération où une culture bactérienne appropriée détruira la pollution dissoute afin de rendre les effluents compatibles avec les caractéristiques de rejet.

Le fonctionnement est prévu en aération prolongée avec une charge massique théorique inférieure à 0,10 kg DBO₅ /kg MVS.

La charge de pollution à l'entrée est de : 1210 kg de DBO₅/j, donc la masse de matière active minimale à conserver dans le réacteur biologique est de : 12 000 kg MVS

Le bassin réalisé est de forme rectangulaire, et est formé de deux bassins similaires adjacents. [1]

Les dimensions de chaque bassin sont :

- Longueur : 28,00 m
- Largeur : 14,00 m
- Hauteur d'eau: 3,80 m
- Volume : 1 490 m³
- Volume total : 2 980 m³

La concentration en matière active sera donc de 4,03 g/l et la charge volumique de 0,406 kgDBO₅/m³. [69]



Figure 2. 10 : Bassin d'aération de la STEP.

2.1.2.4.7 Concentration en DBO₅ au rejet

La formule d'ENCKENFELDER permet de définir la concentration de DBO₅ au rejet ($L_f/l_o = 1/(1+k_1 \cdot s_a \cdot t)$). En appliquant cette équation à notre projet nous obtenons les valeurs suivantes :

- Concentration au rejet en moyenne : 13,41 mg/l
- Concentration au rejet en pointe : 19,17 mg/l.

2.1.2.4.8 Production de boues

La production de boues biologiques est estimée par application de la formule suivante :

$$\Delta S = M_{\min} = f \cdot \text{Org} + a_m \cdot L_e + b$$

Dans le cas de notre projet les valeurs sont les suivantes :

- M_{\min} : matières minérales à l'entrée : 396kg/j
- Org : matières organiques à l'entrée : 924kg/j
- L_e : DBO₅ éliminée : 1174 kg/j
- S_a : masse de matière active : 12000kg DBO₅/kg MVS

Et les coefficients :

- f : 0,379
- a_m : 0,561
- b : 0,034

La masse de boues journalière produite est de 997kg de MS/j dont une partie organique de 601 kg/j soit une proportion de 60 %.

La quantité totale de matières dans le réacteur biologique est alors de 19911kg de MST, et la concentration dans l'aérateur de 6,68 mg/l.

Age des boues moyen : 20 jours [69]

2.1.2.4.9 Besoin en oxygène pour la réduction de la DBO₅

Pour éviter les accidents biologiques pendant les périodes de pointes de pollution journalières, les conditions d'oxygénation seront examinés pour les situations suivantes :

- ❖ Situation moyenne qui permettra de définir correctement les besoins journaliers et les consommations correspondantes.
- ❖ Situation diurne et en pointe pour définir la capacité nécessaire minimale du système.

Le besoin en oxygène pour la réduction de la DBO₅ est déterminé par la relation :

$$QO_2 = a' \cdot L_e + b' \cdot S_a$$

Pour la station de Bouzedjar les besoins journaliers en oxygène ressortent à 1855 kg O₂/j. (77,29 kg/h).

En période de pointe le besoin horaire est de 96,11 kg O₂/h. [69]

2.1.2.4.10 Besoin en oxygène pour la réduction de la pollution azotée :

Même si les contraintes de traitement d'azote en sortie du traitement ne sont pas très fortes, la réduction de l'azote dans la ligne de traitement biologique est inéluctable donc nécessaires pour éviter des difficultés d'exploitation sur la station. Nous avons limité la concentration en sortie de la ligne de traitement à 30 mg/l d'azote global.

Dans le réacteur biologique la nitrification s'effectue par un apport complémentaire d'oxygène. La quantité d'azote à nitrifier est la différence entre l'azote entrant, et la somme de l'azote rejeté et de l'azote consommé pour la synthèse organique soit dans le cas de Bouzedjar une quantité d'azote à oxyder de 2,74 kg/h.

Pour nitrifier 1 kg d'azote il faut 4,55 kg d'oxygène soit un besoin horaire moyenne complémentaire de 12,46 kg O₂/h (299 kg O₂/j). [69]

2.1.2.4.11 Azote récupéré lors des phases de dénitrification

Malgré l'absence de bassin spécifique à la dénitrification, celle-ci sera réalisée dans le bassin d'aération lors des arrêts de l'aération. La masse biologique sera alors maintenue en suspension par une agitation de la masse bactérienne.

Pendant cette phase de dénitrification on estime que 50% de l'oxygène fourni pour la nitrification est récupéré avec un rendement de 80%. Dans notre application la quantité d'oxygène récupéré est de 4,98 kg O₂/h.

Le besoin complémentaire d'oxygène pour le traitement de la pollution azotée est donc de : $12,46 - 4,98 = 7,48$ kgO₂/h.[69]

2.1.2.4.12 Besoins totaux en oxygène

Les besoins totaux en oxygène ressortent à :

- ❖ en moyenne :
 - Oxydation de la DBO₅ : 77,29 kg/h
 - Oxydation de la pollution azotée : 12,46 kg/h
 - Oxygène récupéré par dénitrification : 4,98 kg/h
 - Besoins totaux : 84,75 kg/h
- ❖ En point :
 - Oxydation de la DBO₅ : 115,92 kg/h
 - Oxydation de la pollution azotée : 12,46 kg/h
 - Oxygène récupéré par dénitrification : 4,98 kg/h
 - Besoins totaux : 123,39 kg/h. [69]

2.1.2.4.13 Coefficients de transfert

La concentration en oxygène dissous dans le bassin :

- En moyenne : 0,8 mg/l
- En pointe : 1,5 mg/l
- Altitude de la station : 40 m NGA
- Température de l'effluent : 25°C

Les coefficients de transfert applicables en prenant en compte le type d'aération retenue pour cette solution de base, l'aération de surface, sont les suivants :

- En moyenne : 0,640
- En diurne (18 h) : 0,680

Les besoins standards en oxygène ressortent alors à :

- En moyenne : 132,43 kg O₂/h ou 3178,23 kg O₂/j
- En diurne (18 h) : 176,57 kg O₂/h. [69]

2.1.2.4.14 Système d'aération proposé

L'aération sera réalisée par 4 turbines de surface de puissance installée unitaires 30 kW, pouvant fournir une puissance absorbée totale de 104,40 kW, un apport en oxygène de 27,6 kg O₂/h.

Le temps de marche des aérateurs est de 177,48 h/j par aérateur.

Pendant les périodes d'arrêt de la turbine, la masse de boues sera mise en mouvement par 4 agitateurs immergés.[69]



Figure 2. 11 : Bassin d'aération de la STEP.



Figure 2. 12 : Aérateur.

2.1.2.4.14.1 Fonctionnement du réacteur

- Volume total de l'aération : 2980m³
- Charge massique : 0,10kg MVS/kg DBO₅
- Charge volumique maximale : 0,4kg BDO₅/m³
- Masse de boues totale : 19 911kg
- Concentration en MS : 6,68g/l. [69]

Temps de passage :

- En moyenne : 27,08 h
- En pointe : 13,86 h
- Après le réacteur biologique le mélange eau et boues transite dans un bassin de dégazage de surface 9,00 m² avant d'être admis dans le clarificateur.[69]

2.1.2.4.15 Clarification

La forme et le type de clarificateur est conditionné par le débit de pointe admis, sa géométrie, sa facilité de réalisation, et par le souci de recirculer le plus vite possible les boues en aération.

Pour les installations de moyenne importance, les ouvrages sont de type raclé, dans ce cas la radier à une pente légère (10 à 15°) et un pont tournant périphérique équipé d'une racle de fond qui ramène les boues dans une trémie centrale d'où elles seront pompées.

Les ouvrages proposés respecteront les contraintes dimensionnelles conseillées pour ce type d'ouvrage, à savoir la vitesse ascensionnelle maximale sera inférieure à 0,60 m/h et la hauteur périphérique de 2,50 m, et auront les caractéristiques unitaires suivantes :[69]

- Diamètre : 18,00m
- Hauteur d'eau : 2,50m
- Surface utile : 477,9m²
- Volume : 1497,40m³



Figure 2. 13 : Clarificateur avec des ponts racleur.



Figure 2. 14 : Clarificateur de STEP.

2.1.2.4.16 Caractéristiques fonctionnelles :

- Fonctionnement moyenne :
 - Vitesse ascensionnelle : 0,22 m/h
 - Temps de passage : 13,61 h
- Fonctionnement en pointe horaire :
 - Vitesse ascensionnelle : 0,60 m/h temps de passage : 6,96 h
 - Temps de passage : 6,96 h. [69]

2.1.2.4.17 Mesure de débit :

La mesure de débit finale permet de connaître les flux traités rejetés dans le milieu naturel. Elle sera effectuée dans un canal béton équipé d'un seuil Venturi et d'une mesure en continu par sonde ultrason.

A côté du débitmètre il est installé un préleveur automatique asservi à la mesure de débit. [69]



Figure 2. 15 : Préleveur automatique.

2.1.2.4.18 Désinfection par chloration

La chloration est depuis longtemps la solution technique la plus utilisée pour désinfecter les eaux usées issues d'une station d'épuration. La réaction entre le réactif (chlore gazeux, bisulfite de chlore, eau de javel) et les eaux traitées a lieu dans un bassin conséquent réalisé avec des chicanes favorisant le mélange. La qualité de la désinfection est vite altérée par des réactions secondaires qui réduisent l'activité du désinfectant (liaisons organiques par exemple).

L'utilisation de l'eau de javel n'est pas contraignante car elle est réalisée par injection du réactif dans un bassin de contact. Le temps de passage des effluents dans cet ouvrage est voisin de 20 à 30 mn.[69]

Remarque : La désinfection par l'hypochlorite de sodium a été arrêtée en Algérie.

2.1.2.4.19 Recirculation des boues

La recirculation des boues secondaires vers le réacteur biologique est nécessaire pour :

- Maintenir une concentration suffisante de la masse active dans le système biologique
- Assurer une réoxygénation des bactéries
- Détruire la pollution entrante

Le taux de recirculation est défini par la formule suivante :

$$\alpha = ca / (cd - ca)$$

Où :

- ca : concentration en boues dans l'aérateur = 6,68 g/l
- cd : concentration en boues dans le clarificateur = 11 g/l
- Le taux de recirculation ressort à : 1,55
- Le débit de boues à recirculer est donc de : 4088 m³/j.

La recirculation sera assurée par quatre groupes immergés dont deux en secours automatique de débit unitaire 60 m³/h.

- Temps de fonctionnement : 17 h/j.[69]

2.1.2.4.20 Extraction de boues en excès :

Rappel des bases de dimensionnement de la chaîne boues :

Masse à traiter par jour : 997 kg/J

Concentration dans le décanteur de : 11 g/l

Volume journalier correspondant : 90,61 m³/j

Les boues sont extraites par 3 groupes dont 1 en secours de débit unitaire 10 m³/h.

Les boues en excès issues du traitement seront évacuées vers le silo de stockage[69].

2.1.2.4.21 Concentration gravitaire des boues

Les concentrateurs gravitaires appelés aussi silos à boues permettent de réduire par 2 ou 3 le volume de boues à traiter.

Les ouvrages de concentration gravitaire sont faciles d'exploitation et très adaptés aux installations de petite et moyenne importance.

- La production journalière est de : 997kg/j
- Concentration dans le silo : 25g/l
- Volume journalier : 39,87 m³/j

Le silo proposé aura les caractéristiques suivantes :

- Diamètre : 5,50 m
- Hauteur d'eau : 5,00 m
- Volume : 141 m³
- Temps de stockage : 3,5 j. [69]



Figure 2. 16 : Silos à boues de la STEP.

2.1.2.4.22 Déshydratation des boues

La déshydratation des boues est prévue par filtre à bandes technique la plus utilisée pour les installations de moyenne importance.

La boue à déshydrater est serrée entre deux toiles tendues afin d'en extraire l'eau résiduelle. La siccité des boues est voisine de 15 à 20%.

Les presses à bandes représentent la technique la plus rudimentaire de déshydratation mécanique des boues et vont nécessiter une surveillance continue (contrôle de la qualité de la floculation, du déroulement des bandes, de la qualité du lavage des bandes.) ainsi qu'une quantité importante d'eau de lavage qu'il va falloir remettre en tête de station. Ces eaux de lavage sont des eaux claires en sortie d'installation.

L'installation comportera un combiné table d'égouttage et filtre à bandes technique alliant la simplicité de fonctionnement et un investissement réduit, et évite la réalisation d'un concentrateur en amont de la machine à déshydrater. [69]



Figure 2.17 : Filtre à bandes de la STEP.

Les boues seront issues de l'épaississeur par une pompe volumétrique. Avant d'être introduites dans la machine elles sont floculées par un polymère approprié injecté en continu à partir d'une solution réalisée dans un bac agité.

Les boues sortant de la machine seront reprises par une pompe de gavage pour être refoulées vers les bennes de stockage.[69]

Les filtrats seront dirigés vers le pompage interne pour retraitement.

- Masse à traiter par jour : 997kg/J
- Concentration dans l'épaississeur : 25g/l
- Volume journalier correspondant : 39,87m³/j

Les boues en excès issues du traitement seront évacuées vers l'installation d'égouttage des boues.

- Temps de travail par jour : 10h/j
- Débit correspondant à extraire : 4m³/h
- Taux de siccité prévu : 17 à 18%
- Volume journalier correspondant : 5,9m³/j
- Débit correspondant de la pompe de gavage : 0,59m³/h
- Floculation des boues
- Apport de floculant : 6 à 8kg/T
- Concentration solution : 0,5g/l
- Masse horaire de boues traitées : 53,90kg/h
- Masse de floculant nécessaire : 0,8kg/h
- Débit correspondant : 160l/h. [69]

2.1.2.4.22.1 Le séchage

Les lits de séchage qui permettent une déshydratation naturelle des boues par action de la chaleur et du soleil nécessitent une surface importante. Ils sont souvent réalisés en secours des unités de déshydratation.[69]



Figure 2. 18 : Lit de séchage de la STEP.

Tableau 2. 2 : Caractéristiques des lits de séchages

Désignation	Unité	Valeur
Nombre lits de séchages secours	/	2
Longueur lit de séchage	m	12
Largeur lit de séchage	m	7
Hauteur remplissage des boues	m	0,55
Durée de stockage des boues Min	J	4
Siccité des boues déshydratées	%	23



Figure 2. 19 : Canal du rejet si c'est possible rejet de la sortie de la STEP (Oued ferra)

2.2 Performance de la STEP

Dans toute la station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau épurée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : la température, le pH les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), les nitrates (NO_3^-), et le Phosphore total (PO_4).

2.2.1 Laboratoire de la station de Bouzedjar

La station dispose d'un laboratoire d'analyses physicochimiques qui lui permet de contrôler le procédé de traitement de l'eau et réaliser des interventions en cas d'anomalie ou de mauvais résultats des analyses. Trois prélèvements d'échantillons sont réalisés : prélèvement à l'entrée – prélèvement dans le bassin d'aération – prélèvement à la sortie.[69]



Figure 2. 20 : Laboratoire de la STEP

Il est à noter que les analyses sont effectuées dans le laboratoire de la station d'épuration de Bouzedjar [69] et sont divisées en trois catégories :

- les analyses journalières : pH, température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, MES
- les analyses semi-complètes à raison d'une fois par mois : pH, température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, MES, DBO5, DCO, couleur, odeur, NH4.
- les analyses complètes à raison d'une fois par mois : pH, température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, MES, DBO5, DCO, couleur, odeur, NH4, Azote total, Nitrates, Nitrites, Phosphore total et Phosphates (PO4)
- Les analyses Journalier du bassin : pH, température, conductivité, oxygène, V30.
- Les analyses des boues : MS, NVS %.

2.2.1.1 Liste de matériel présent dans le laboratoire de la station

- Le laboratoire d'analyse comprend le matériel suivant :
- Un spectrophotomètre HACH LANGE
- Une balance de précision OHAUS
- Pompe à vide à membrane VACUU BRAND
- DBO mètre 06 flacons avec OxyTopes WTN
- Incubateur DBO WTN
- Dessiccateur en verre DN250
- Etuve Memmert UNB 400
- Réacteur DCO HACH LANGE DRB 200
- Four à moufle 250°C NUVE FURNACE
- Distilleur Mural NUVE NS 103
- pH mètre de paillasse HANNA
- Conductivimètre de paillasse HANNA
- Conductivimètre portatif HANNA HI8733 HANNA
- Oxymètre de paillasse HANNA HI2400
- Oxymètre portatif HANNA HI19146
- Thermomètre de paillasse HANNA HI151-00
- Chauffe ballon FIBROMAN HT-W
- Centrifugeuse NUVE NF 400
- Agitateur magnétique
- Réfrigérateur
- Armoire de sûreté TRIONYX AZ50
- Microscope binoculaire MOTIC B1
- Bain marie NUVE
- Un lot de verrerie de laboratoire

2.2.2 Echantillonnage des eaux

Des prises d'échantillons sont effectuées à l'entrée et à la sortie de la station par un dispositif d'échantillonnage fonctionnant de manière proportionnelle au débit (Figure II. 14). Ce préleveur assure pour une période de 24 heures un mélange d'échantillons représentatif à l'entrée de la station de lagunage pour l'eau brute et à la sortie pour l'eau épurée.

2.2.3 Méthodes d'analyses physicochimiques de l'eau brute, épurée de la STEP

2.2.3.1 Température

La température de l'eau est un facteur important dans l'analyse des eaux usées. En effet elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique, ainsi qu'un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et aussi sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C. [70]

La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil après la stabilisation du thermomètre (figure 2.20).



Figure 2.20 : Mesure de la température

2.2.3.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogènes $[H^+]$ présentes dans l'eau. Le paramètre pH joue un rôle important dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) et l'efficacité de certains procédés de traitement. Ainsi, l'épuration biologique est possible lorsque le $pH = 6,5$ à $8,5$, un pH différent est l'indice d'une pollution industrielle.[71]

On prélève un volume de 80 ml de l'eau de sortie et d'autre volume de 80 ml de l'eau d'entrer. On rince la sonde avec l'eau distillée et on met la sonde de mesure dans le

bécher de l'eau brute et on agite pendant 30 secondes ou jusqu'à ce que le pH-mètre indique une valeur stable. On fait la lecture du pH. On fait la même chose pour l'eau de sortie (épurée).

La connaissance de la valeur de pH est importante, puisqu'elle influe sur les processus d'épuration (tableau 2.3).

Tableau 2.3 : Classification des eaux d'après leur pH.

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surfaces
5.5 < pH < 8	Majorités des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Remarque : Il faut procéder à l'étalonnage avant toute utilisation de l'appareille.

2.2.3.3 Matières en suspension (MES)

La présence du MES dans l'eau provoque sa turbidité. Pour son dosage, nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant de fibre de verre. Le filtre est séché à 105°C puis pesé après refroidissement. Le taux de MES exprimé en (mg/L) est donné par l'expression : $MES = (Pp - Pv) \times 1000 / V$

MES : Teneur en MES (mg/l).

V : Volume d'échantillon utilisé (ml)

Pp : Poids plein du filtre (g)

Pv : Poids vide du filtre (g)

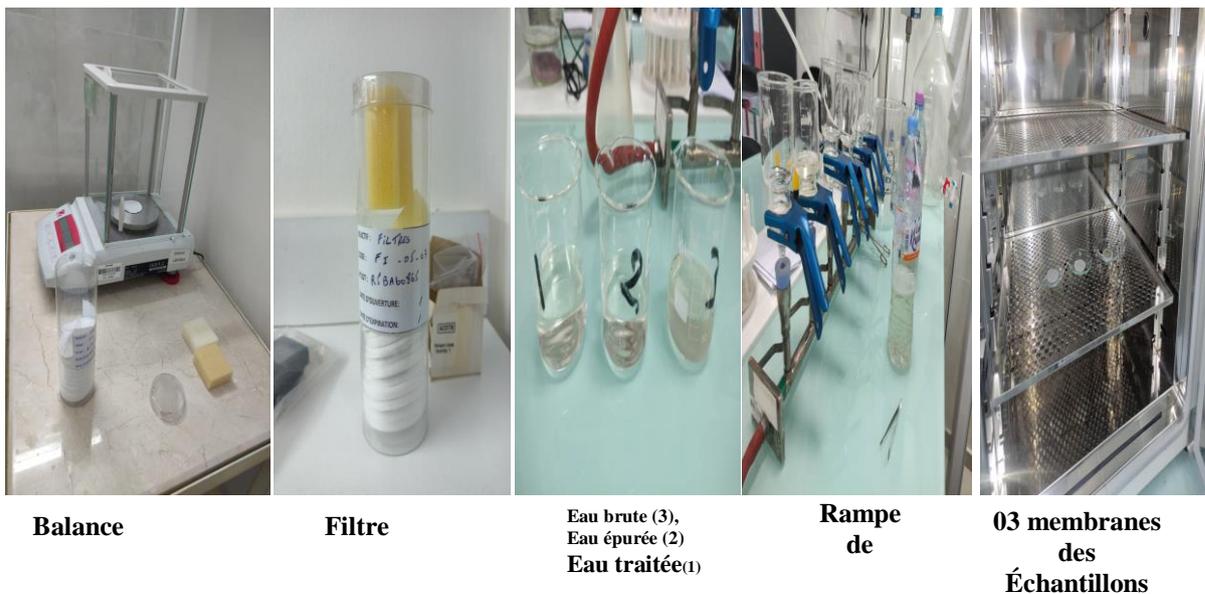


Figure 2. 21 : Méthode de détermination des MES.

Cependant des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces. Elles peuvent être responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. La teneur de MES permet de connaître la quantité de matière non dissoutes, quelle soit organique ou minérale, présentes dans un échantillon.

2.2.3.4 Demande chimique en oxygène (DCO)

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à ébullition pendant 2 heures à $148^\circ C$ dans le bloc chauffant en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} . La mesure de la DCO nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permet d'estimer le volume de prise d'essai de DBO_5 .

La DCO est un paramètre important pour la détermination du rendement d'épuration il constitue un indices de qualité en traitement des eaux résiduelles. Il existe deux méthodes pour mesurer la DCO :

- La méthode LCK
- La méthode classique (celle que nous avons utilisée dans le laboratoire de SEOR)

2.2.3.4.1 Méthode LCK

On ajoute 2ml d'échantillon dans un tube à réactif de type Lr (0-150) pour l'eau épurée et Mr (0-1500) pour l'eau brute. On ferme hermétiquement les tubes et les mélanger avec précaution. Dans le réacteur, on chauffe les Tube pendant 120minutes, à $150^\circ C$. Puis on les laisse refroidir, en suite on fait la mesure à l'aide d'un photomètre de type Lovibond RD 125.

2.2.3.4.2 Méthode classique

On prend 2.5ml d'échantillon sur une cuve. On ajoute à cela 1.5ml de solution de digestion et 3.5ml d'acide catalyseur. On met la cuve au digesteur thermostat à $148^\circ C$ pendant 120 minutes. Ensuite on l'enlève et on fait la lecture le spectrophotomètre.



Figure 2. 22 : Cuves avant la mise au digesteur thermostat LT 200 à $148^\circ C$ pd 120min.

2.2.3.5 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ et la quantité de l'oxygène nécessaire aux microorganismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes en suspension dans l'eau, qui fait que ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organique biodégradables d'une eau. Il est exprimé en mg/l.

La détermination de la DBO₅ consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à température constante (20°C) pendant 5 jours, à l'aide d'un système de mesure OxiTop et d'un incubateur réglé à 20°C. On prend la valeur de la DBO₅ obtenue après cinq jours d'incubation.

2.2.3.6 Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. La conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolytables dissous.

L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance. La valeur de la conductivité est lue directement sur le conductimètre.

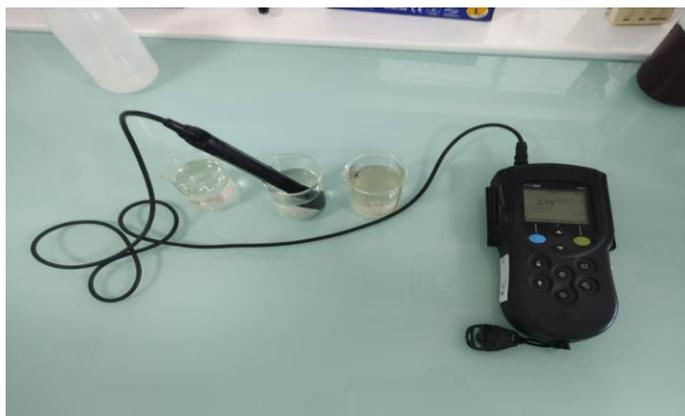


Figure 2. 23 : Mesure de la conductivité.

Remarque : On fait la lecture de la conductivité après l'étalonnage de multimètre.

2.2.3.7 Turbidité

Elle est mesurée par lecture sur un turbidimètre. Le turbidimètre envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.



Figure 2. 24 : Turbidimètre

2.2.3.8 Oxygène dissous (O₂ dissous)

Il est mesuré par lecture sur l'oxymètre.

2.2.3.9 Nitrites

Ils sont déterminés par ajout du réactif nitrVer3 dans 10 ml d'échantillon, puis on lit l'absorption des nitrites dans le thermo spectrophotomètre DR5000.

2.2.3.10 Nitrates

Pour la détermination des nitrates, nous avons appliqué la méthode avec réactif LCK 339.

La méthode consiste à pipeter soigneusement 1ml d'échantillon. Pipetez soigneusement 0,2 ml de la solution A. Fermez la cuvette et homogénéisez-le tout en secouant 3 fois. Après 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuvette et évaluer à l'aide Spectrophotomètre DR 5000.

On lit l'absorption des nitrates dans le thermo spectrophotomètre DR5000.

2.2.3.11 Ammoniaque

On verse 3 gouttes de stabilisateur minéral dans 25 ml d'échantillon, puis on ajoute 3 gouttes d'alcool polyvinylique et 1 ml de réactif de Nessler, ensuite on lit l'absorption de l'ammoniac dans thermo spectrophotomètre DR3900.

2.2.3.12 Ortho-phosphates

Un phosphate est un produit chimique inorganique, un sel ou un ester de l'acide phosphorique. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue, susceptible d'un dosage colorimétrique. Certaines formes organiques peuvent être hydrolysés au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho-phosphates. La teneur de ces derniers sera lue sur dans le thermo spectrophotomètre DR3900



Figure 2. 25 : Détermination des ortho-phosphates avec Spectrophotomètre DR 5000.

2.2.3.13 Phosphore total

Le phosphore total est un élément indispensable pour le développement des micro-organismes en conséquence pour le processus d'épuration biologique.

Le phosphore est un nutriment produit par l'eutrophisation des eaux stagnantes ou qui circulent à basse vitesse.

Le phosphore peut se rencontrer dans les eaux résiduaires sous forme minérale, en tant que sels minéraux, ce qu'on appelle les Ortho-phosphates ou poly-phosphates mais aussi sous formes de composés organiques.



Figure 2. 26 : Détermination du phosphore avec thermostat LT 200.

Les analyses physico-chimiques réalisées à la station d'épuration de Bouzedjar sont nécessaires pour pouvoir évaluer le fonctionnement et l'efficacité de la STEP et avoir une idée générale sur la performance de chaque processus de traitement.

2.3 Contrôle des caractéristiques microbiologiques des eaux usées brutes et épurées

Les analyses microbiologiques des échantillons de l'eau brute et de l'eau épurée de la STEP de Bouzedjar ont été réalisées au niveau de l'unité SEOR d'Oran.

Avant de passer à la recherche des bactéries, il faut tout d'abord comprendre le principe de fonctionnement de l'appareil de filtration sur membrane (Figure 2.28).

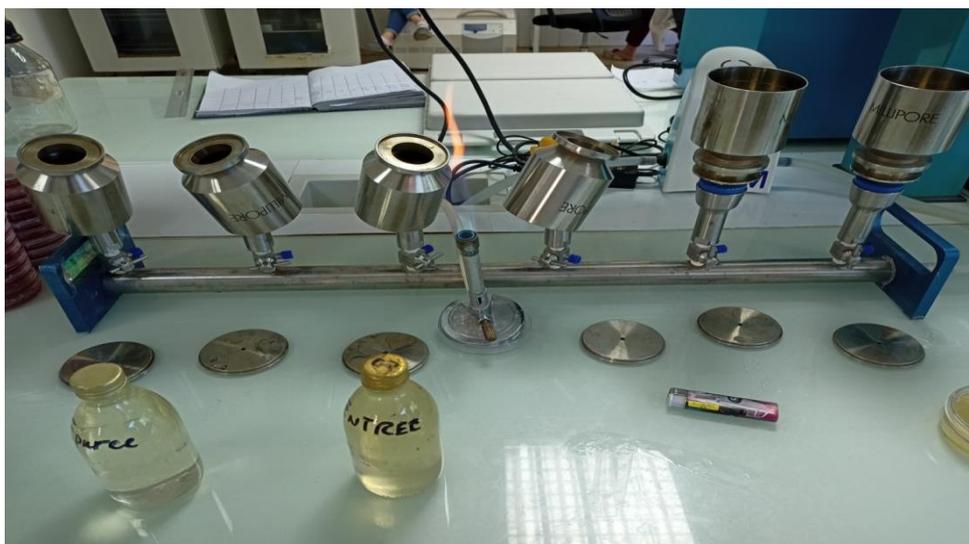


Figure 2. 27 : Rampe de filtration avec entonnoir et bec bunsen.

L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane qui retient les micro-organismes. La membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé. Durant l'incubation, des colonies se forment à la surface de la membrane.

Actuellement et malgré le développement des méthodes moléculaires, il n'est toujours pas possible de détecter de manière exhaustive, dans un échantillon d'eau, l'ensemble des microorganismes présents. Il est également impossible de baser la surveillance de la qualité de l'eau sur la détection des germes pathogènes eux-mêmes pour les raisons suivantes.[72]

- la très grande variété et diversité des microorganismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (virus, bactéries, protozoaires,...),
- la faible abondance de chaque espèce de pathogène (nécessité de concentrer de très grands volumes d'eau pour les détecter), de méthodes standardisées et rapides pour la détection de tous ces micro-organismes pathogènes.

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux est par conséquent basée sur le concept de germes dits "indicateurs". Ces indicateurs (ou bactéries indicatrices de contamination) n'ont pas nécessairement par eux-mêmes un caractère pathogène, mais

leur présence indique l'existence d'une contamination par des matières fécales et leur abondance est une indication du niveau de risque de présence de microorganismes pathogènes. Un bon indicateur est par définition une espèce ou un groupe de bactéries qui présente certaines caractéristiques mentionnées dans le tableau 2.3.

Tableau 2.3 : Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination fécale.[92]

Propriétés	Caractéristiques d'un indicateur
Pathogénicité	Non pathogène
Occurrence	Présent en même temps que les pathogènes, absent en absence de contamination fécale
Survie	Taux de survie similaire à celui des pathogènes
Reproduction	Ne se reproduit pas dans les eaux naturelles
Inactivation	Inactivé par les différents traitements au même niveau que les pathogènes
Source	La seule source dans les eaux naturelles est la contamination fécale.
Coût	Méthodes de détection bon marché, rapide et facile à mettre en œuvre.

Le principal objectif des études qualitatives et quantitatives sur la flore microbiologique des effluents urbains est de dénombrer les marqueurs de pollution fécale des eaux « les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les spores des bactéries sulfito-réductrices ».

2.3.1.1 Désinfection du laboratoire et stérilisation du matériel

2.3.1.1.1 Désinfection du laboratoire

Le nettoyage et la désinfection des paillasse doivent s'effectuer au moins une fois par jour, avant de quitter le local, mais peuvent être également réalisés à la fin de chaque manipulation. Il est également recommandé de nettoyer et désinfecter les sols à la fin de la journée de travail. La surface des appareils est traitée en fonction de la nature et du danger des microorganismes manipulés.

2.3.1.1.2 Stérilisation du matériel

Le but de la stérilisation d'un matériel est la destruction ou l'inactivation irréversible de tous les micro-organismes rencontrés.

Dans un objet stérilisé, aucun germe ne peut donc plus être décelé : il est stérile. Étant donné qu'un objet stérile sera recontaminé par contact avec le milieu extérieur, une première exigence est de conditionner l'objet avant stérilisation.

Ce n'est qu'au moment de son utilisation, au tout dernier moment, qu'il sera déballé de manière aseptique. Le conditionnement et le mode de conservation du matériel stérile font intégralement partie de la stérilisation.

La stérilisation à la chaleur humide au moyen de vapeur saturée et sous pression (pour atteindre la température nécessaire) constitue le procédé de stérilisation le plus

fiable et le plus facile à contrôler La stérilisation à la vapeur sous pression représente donc le premier choix pour le matériel qui résiste aux températures de 120 à 134° C et à l'humidité. On peut stériliser par :

Chaleur humide : Autoclave ou cocotte-minute

Chaleur sèche : Four pasteur souvent dit « Poupinel »

On pratique aussi deux types de tests :

2.3.1.2 Test de l'air

Chaque matin l'opérateur du laboratoire bactériologique doit faire le test de contamination de l'air qui est réalisé en trois zones de la paillasse:

- Mettre les boîtes de pétri contenant le milieu TSA sur ces zones pendant 15 min.
- Incuber dans l'étuve a 36°c pendant 48 heures.

Ce test est réalisé pour savoir si l'air du laboratoire est contaminé.

2.3.1.3 Test de Surface

Ce test se fait une fois par semaine en six points de paillasse, pour vérifier l'aseptise du laboratoire, le test se déroule comme suit :

- Ouvrir la plaque RODAC inversé,
- Mettre en contact avec la paillasse en faisant une pression circulaire.
- Incuber les plaques dans une étuve a 36°c pendant 48 heures

2.3.2 Contrôle bactériologique de l'eau usée et épurée

Trois milieux de culture sont utilisés (figure 3.28)

- Milieu C.C.A pour la culture des coliformes totaux et *E. Coli*
- Milieu Slanetz Bartley pour la culture des entérocoques
- Milieu TSC pour la culture des *Clostridium*.



Milieu de culture

Milieu de culture Slanetz

Filtre

Figure 2. 28 : Milieu de cultures utilisés

Les coliformes sont des microorganismes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae rencontrés partout dans l'environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux.[73]

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatif, oxydases négative, facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 35 °C et 37° C. Ils existent dans la matière fécale mais se développent également dans les milieux naturels.[74]

Les CT proviennent d'une pollution fécale animale ou humaine et démontrent la présence potentielle d'organismes pathogènes capables de causer des maladies entériques.

2.3.2.2 Coliformes fécaux

La recherche et dénombrement des coliformes fécaux sont réalisés en milieu liquide par la technique du NPP [75].

Les coliformes fécaux (ou coliformes thermotolérants) sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36°C et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia coli*[76](voir figure 2.29).

2.3.2.3 Identification du genre *Escherichia coli*

Escherichia coli appartient à la famille des Enterobactériace qui se caractérise par la possession de deux enzymes, la B-galactosidase et la B-glucuronidase. Elle se développe à 44°C sur des milieux complexes et provoque la fermentation du lactose et du mannitol avec formation d'acide et de gaz et produit de l'indole à partir du tryptophane.

2.3.3 Recherche des *E. coli* et coliformes

2.3.3.1 Mode opératoire

- ❖ Mélanger bien l'échantillon
- ❖ Prendre un filtre stérile de 0.45 um à l'aide d'une pince stérile et le mettre dans la rampe de filtration ensuite on place l'entonnoir stérile sur la rampe.
- ❖ Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'échantillon.
- ❖ Actionner la pompe a vide pour permettre le passage de l'eau a travers la membrane.
- ❖ A la fin de la filtration on prend le filtre à l'aide d'une pince stérile et le mettre au centre d'une boîte a pétri qui contient le milieu de culture **CCA** et en dernier le mettre en incubation dans une étuve à 36°C pendant 24 heures.

Lecture : La présence des coliformes et *d'E.coli* est confirmée par la présence des colonies de couleur bleu a violet/rose.

2.3.4 Recherche des entérocoques

2.3.4.1 Mode opératoire

- ❖ Mélanger bien l'échantillon
- ❖ Prendre un filtre stérile de 0.45 um à l'aide d'une pince stérile et le mettre dans la rampe de filtration ensuite on place l'entonnoir stérile sur la rampe.
- ❖ Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'échantillon.
- ❖ Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau a travers la membrane.
- ❖ A la fin de la filtration on prend le filtre et le mettre au centre d'une boîte à pétri qui contient le milieu de culture Slanetz Bartleyet en dernier le mettre en incubation dans une étuve pendant 48h à 36°C

2.3.4.2 Lecture

Des colonies de couleur rouge brique apparaissent. Ensuite, on procède à la confirmation pour vérifier si c'est bien des entérocoques. On chauffe les boîtes à pétrie de milieu de culture BEA dans une étuve a 44°C pendant 10 minutes, après on prend une pince stérile le filtre de la boîte Slanetz Bartley et le mettre dans celui de la BEA, ensuite on incube dans une étuve à 44°C pendant 2 heures. La présence des entérocoques est confirmée par l'apparition de colonies noires.

Certaines souches peuvent se développer uniquement à 37°C. Son identification complète est très complexe, mais des épreuves ont été mises au point pour l'identifier rapidement avec un haut degré de certitude [77].

La recherche et dénombrement du genre *Escherichia coli* sont réalisés en milieu liquide par la technique du NPP[75].

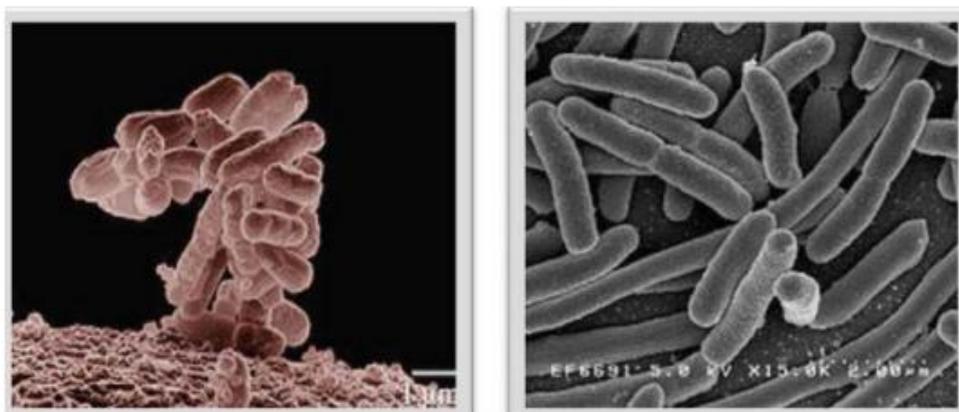


Figure 2. 29 : Escherichia-coli sous microscope électronique à G X 1000 [96].

2.3.4.3 Streptocoques

Les streptocoques appartiennent à la famille des streptococcaceae. Ce sont des cocci à Gram positif arrondis ou ovoïdes ou rarement allongées en bâtonnets [76]. Les streptocoques nécessitent pour leur multiplication de nombreux facteurs de croissance qui sont présents dans la gélose au sang frais (voir figure 2.30).

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe des streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution.[78]

La recherche et dénombrement du genre streptocoques fécaux sont réalisés par ensemencement initial de l'eau en milieu liquide (NPP), un bouillon de Rothe à l'acide de sodium à 37°C pendant 24 à 48h. En cas de culture positive (trouble), on poursuit en inoculant un bouillon de Litsky à l'acide de sodium et cristal violet, à 37°C pendant 24 à 48 h. [79]

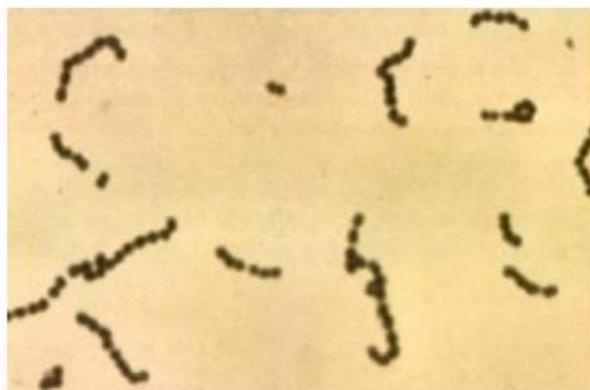


Figure 2. 30 : Streptocoques fécaux (www.wikipedia.com).

2.3.4.4 Clostridiums

Le genre clostridium est un genre bactérien regroupant des bacilles gram positif anaérobies, souvent sporulés, anaérobies stricts pour la plupart, mobiles en général par l'intermédiaire de flagelles péritriches.[80]

La recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs, permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant plus au moins activement les sulfites en sulfures. [81]

L'isolement de ces bactéries exige nécessairement :

- un chauffage de l'échantillon d'eau, de durée bien définie (100 min) et à une température strictement fixée (80°C), pour détruire les formes végétatives des bactéries.
- une revivification de ces spores, dans un milieu permettant également la mise en évidence de l'action sulfito-réductrice. Il s'agit d'une gélose viande foie épaisse, peu perméable à l'air après régénération, apte à la vie en anaérobiose, contenant du sulfite de sodium et d'alun de fer. L'incubation est effectuée à 37°C ±1°C pendant 24 heures puis prolongée à 48 heures.

La présence de Clostridiums sulfito-réducteurs est relevée sous forme de colonies en halo noir, couleur du sulfure de fer résultant de la réduction des sulfites selon la réaction suivante [75].

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des germes telluriques, présents dans le milieu extérieur : sol, eau, air, etc.... capables d'y résister très longtemps sous forme de spores, présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose. Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur [82]. A la différence des coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente [83]



Figure 2. 31 : Clostridium perfringens observée au microscope optique G×1000 [101].

2.3.4.5 Salmonelles

Elles appartiennent à la famille des enterobactériacées et sont des bâtonnets mobiles, Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies. Elles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine. Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles. Elles sont retrouvées dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'Hommes [84]. Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer.[85]

2.3.4.6 Staphylocoques

Les staphylocoques sont des cellules sphériques de 0,5 à 25 μm généralement regroupées en amas, ils sont immobiles et ne forment pas de spores ; ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, Gram (+), catalase (+), fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique. La recherche des staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade. L'espèce *Staphylococcus aureus* ou staphylocoque doré possède toutes ces caractéristiques, ajoutant à cela qu'elle est coagulase (+).

Parmi les espèces de cette famille, *Staphylococcus aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution de eaux littorales et des fruits de mer.[85]

2.3.4.7 Vibrions cholériques

Les vibrions cholériques sont des bactéries sporulées, incurvées en virgule, très mobiles, elles se multiplient à pH alcalin qui varie de 7 à 9. Ils sont responsables du choléra, et sont pathogènes par l'un de ses parasites, le virus CTX, ce dernier rend le vibron capable de produire une toxine qui provoque les diarrhées mortelles du choléra. [85].

2.3.5 Contrôle de virus

Les virus sont des 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 [86]. On 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 reste difficile, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux, nous citerons les entérovirus (exemple : polio), les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'hépatite A. Il semble que les virus sont plus résistants dans l'environnement que les bactéries [87].



Figure 2. 32 : Vue microscopique des virus.

2.3.6 Contrôle de parasites

Les parasites sont identifiés et peuvent être recherchés dans les eaux. L'OMS a, classé les parasites, en 2003 parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde.

2.3.6.1 Helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/L [88]. Le dénombrement des helminthes dans les eaux usées traitées est d'une importance capitale, en particulier lorsqu'ils sont rejetés dans le milieu naturel. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées [86].

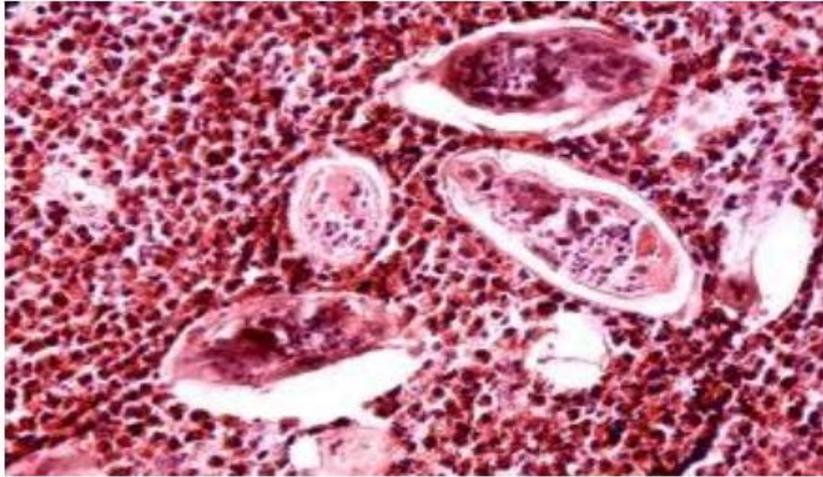


Figure 2. 33 : Vue microscopique des helminthes.

2.3.6.2 Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [86]. Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*[89].

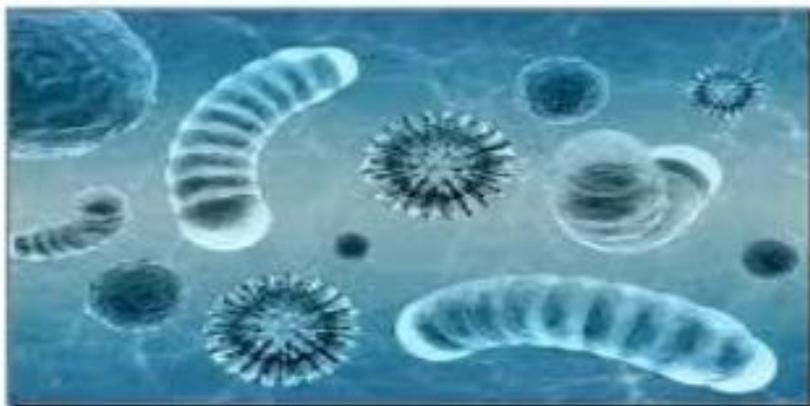


Figure 2. 34 : Vue microscopique des protozoaires.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée du fonctionnement de station d'épuration de Bouzedjar, et connaître les différents procédés et étapes de traitement de ses eaux usées, dans un autre point, nous avons pu suivre la performance de la STEP avec les différentes caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

Chapitre 03 : Résultats et discussion des paramètres physicochimiques et microbiologiques :

Introduction

Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons d'eau brute, d'eau épurée et d'eau traitée avec de la bentonite au niveau de l'unité SEOR de la wilaya d'Oran. Les résultats sont mentionnés dans les figures qui suivent :

3.1 Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées

Dans ce paragraphe, seront présentés les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux usées et épurées de la STEP de Bouzedjar effectuées durant la période allant de janvier à mai 2022. Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation afin de cibler les anomalies qui pourraient exister dans la STEP concernée et de juger de la qualité des eaux épurées déversées dans le milieu naturel et utilisées quelques fois pour l'irrigation des cultures.

3.1.1 Volume d'eaux usées et épurées de la STEP

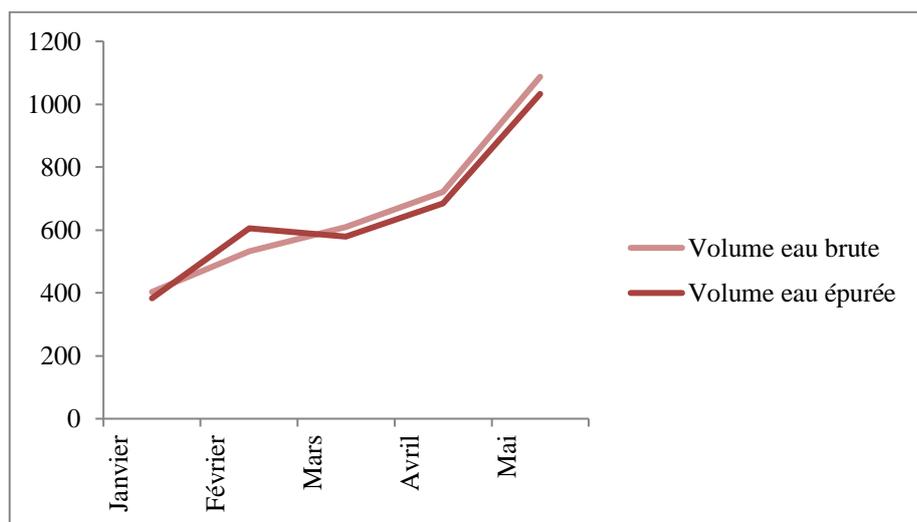


Figure 3. 1 : Volumes mensuels (m³) des eaux brutes et eaux épurées de la STEP.

La STEP de Bouzedjar a reçu en ces 5 premiers mois de l'année 2022, un volume d'eau brute de 3353,61 m³, et seuls 3284,95 m³ ont été épurées et déversées dans oued Ferra. La station a reçu en moyenne 670,722 m³ d'eau usée mensuellement et en a épurée 656,99 m³. On remarque aussi que le volume d'eau brute augmente durant chaque mois probablement à cause de la chaleur d'été et que la ville de Bouzedjar dispose d'une plage attirée par le tourisme, ceci augmente les besoins en eau en saison estivale (figure 3.1).

3.1.2 Température

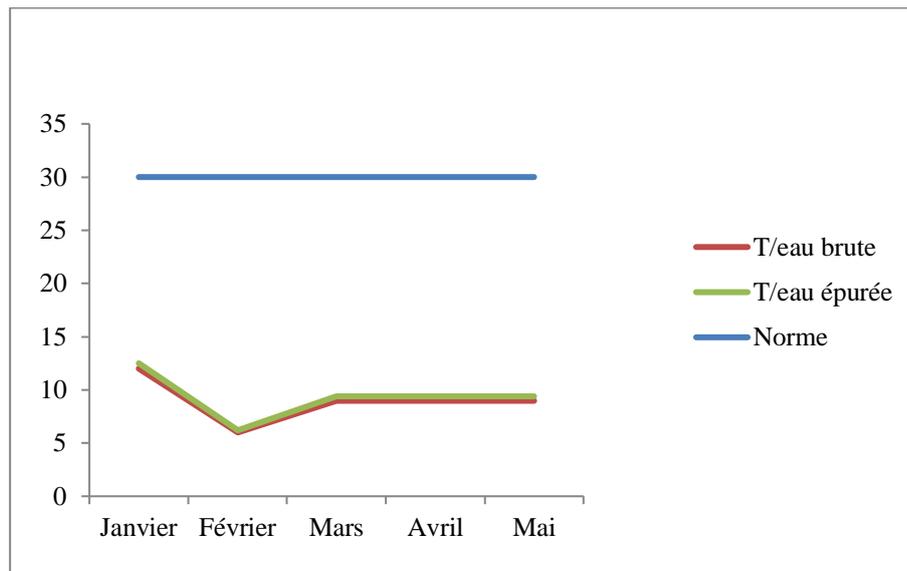


Figure 3. 2 : Variation de la température à l'entrée et la sortie de la STEP de Bouzedjar.

La représentation graphique des valeurs de la température des eaux entrantes et sortantes de la STEP de Bouzedjar (Figure II.21) varie entre [6°C- 12.5°C] avec une moyenne de 9°C pour l'eau entrantes et de 9.3°C pour l'eau sortante, on constate qu'il y'a une très légère différence entre les deux températures. Ces valeurs sont bonnes et restent toujours dans les normes de l'OMS et la réglementation algérienne requis soit inférieur à 30°C.

3.1.3 Potentiel d'hydrogène (pH)

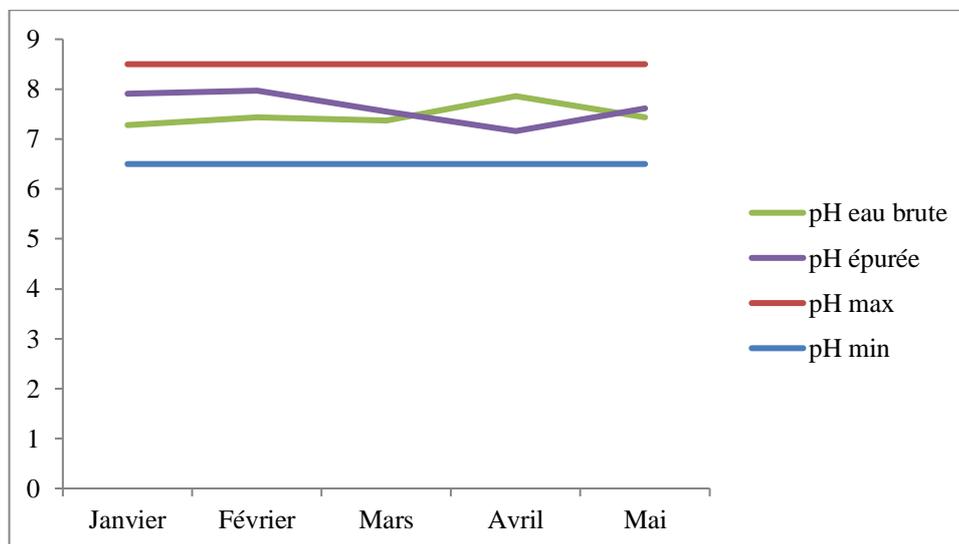


Figure 3. 3 : Variation du pH à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

Selon la figure 3.3, les valeurs du pH des eaux brutes oscillent entre [7,28-7,86] avec une moyenne de 7.47 indiquant que les eaux sont alcalines. Une fois l'eau usée est épurée, son pH varie peu et les valeurs sont comprises entre [7,16-7,97] avec une

moyenne de 7,64 donc légèrement basique supérieure à celle de l'entrée. Ces valeurs restent conformes à la norme de rejet des eaux (JORADP, 2006) et à celles de FAO et de l'OMS relatives à leur réutilisation qui préconise une valeur variant de 6.5 à 8.5.

3.1.4 Matières en suspension (MES)

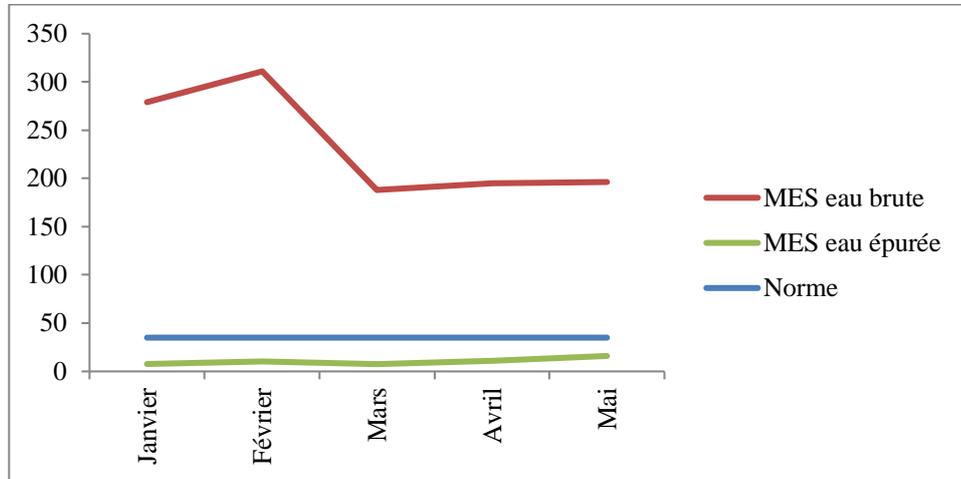


Figure 3. 4 : Variation des matières en suspension à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

La concentration de MES de l'eau brute à l'entrée est très importante, elle varie entre [188-311] mg/l et une moyenne de 233,8 mg/l. Cette semble être très chargée de déchets et des agrégats. Par contre, on remarque une diminution constatable de MES pour l'eau épurée qui a une variation de [8-16] mg/l et une moyenne de 10,55 mg/l. Ces concentrations sont donc conformes à la norme algérienne de rejet qui est de 35mg/l donc conformes à son réutilisation à des fins d'irrigation.

3.1.5 Oxygène dissous

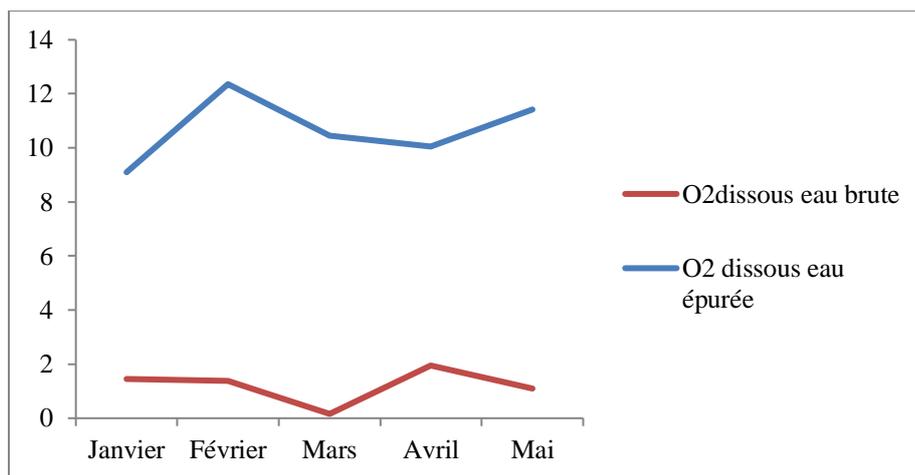


Figure 3. 5 : Variation de la teneur en oxygène à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

La teneur en oxygène de l'eau brute à l'entrée varie de [0.16à1.95] mg/l et une moyenne de 1.055 mg/l, par contre on constate une augmentation de la teneur en oxygène de l'eau épurée variant entre [9,1à12.36] avec une moyenne de 15,28mg/l.

3.1.6 Demande chimique en oxygène (DCO)

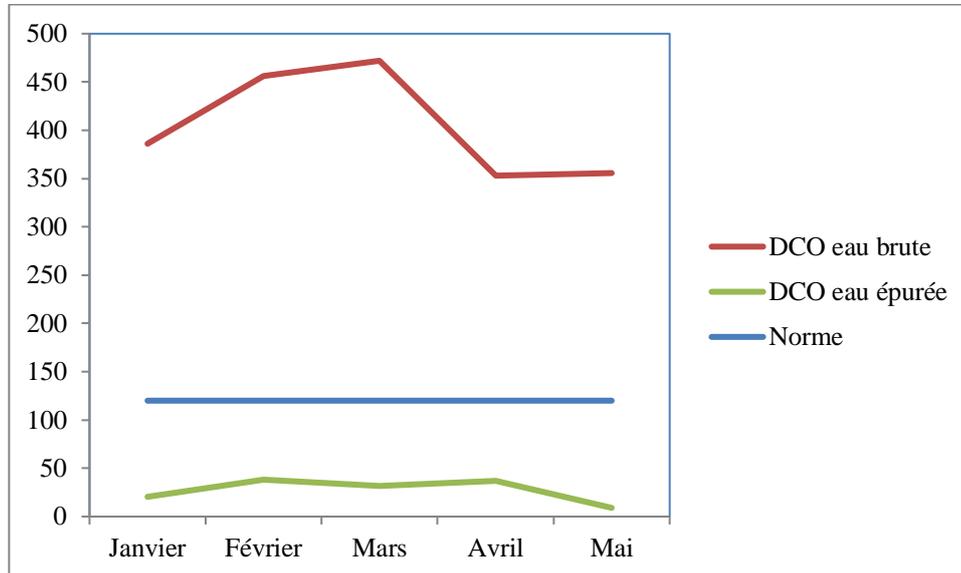


Figure 3. 6 : Variation de la DCO de l'eau utilisée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

En matière de DCO, les eaux usées renferment des quantités comprises entre [353-472] mg/l avec une moyenne de 412,5mg/l (Figure 3.6). Concernant les eaux épurées, les valeurs de la teneur en DCO varient entre [9-38.2] mg/l avec une moyenne de 23,6mg/l et sont conformes aux normes algériennes (120mg/l).

3.1.7 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

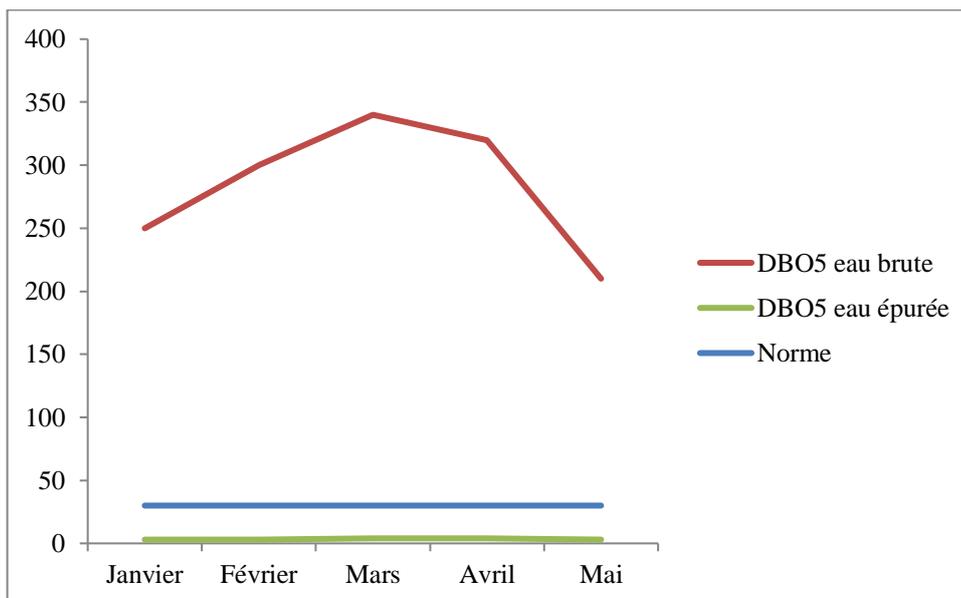


Figure 3. 7 : Variation de la demande biologique en oxygène à l'entrée et sortie.

Figure 3.7 : Variation de la demande biologique en oxygène à l'entrée et sortie.

La figure 3.7 montre que la valeur du DBO₅ varie entre [210-340] mg/l avec une moyenne de 275 mg/l. Après l'épuration, ces valeurs diminuent pour atteindre des concentrations variant entre [3-4] mg/l avec une moyenne de 3,4 mg/l donc les eaux épurées répondent donc aux normes nationales (30 mg/l) en matière de demande biochimique en oxygène.

3.1.8 Turbidité

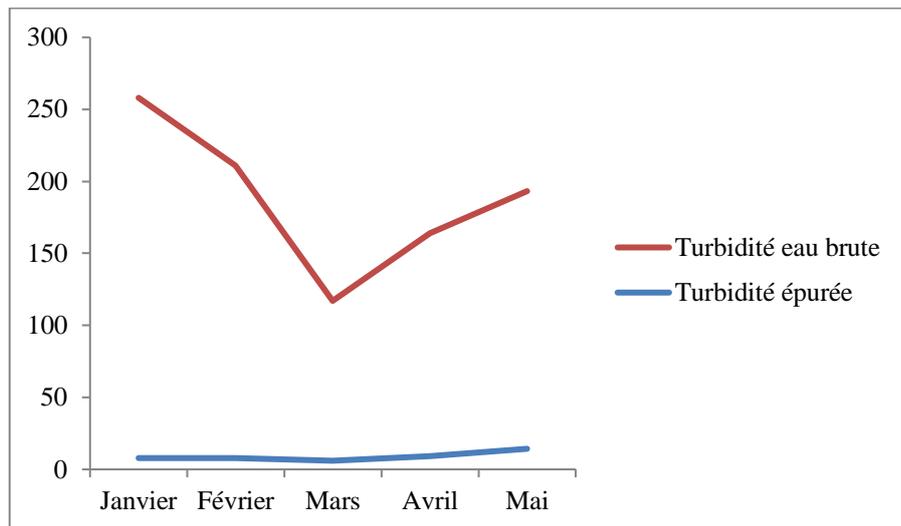


Figure 3. 8 : Variation de la turbidité à l'entrée et sortie.

Les valeurs de la turbidité (Figure 3.8)des eaux brutes varient entre [117-258] FTU avec une moyenne de 187,5 FTU. A la sortie de la station d'épuration, ces valeurs chutent entre [6-14,3] FTU avec une moyenne de 10,15 FTU indiquant que la turbidité est bien éliminée pendant le traitement.

3.1.9 Conductivité

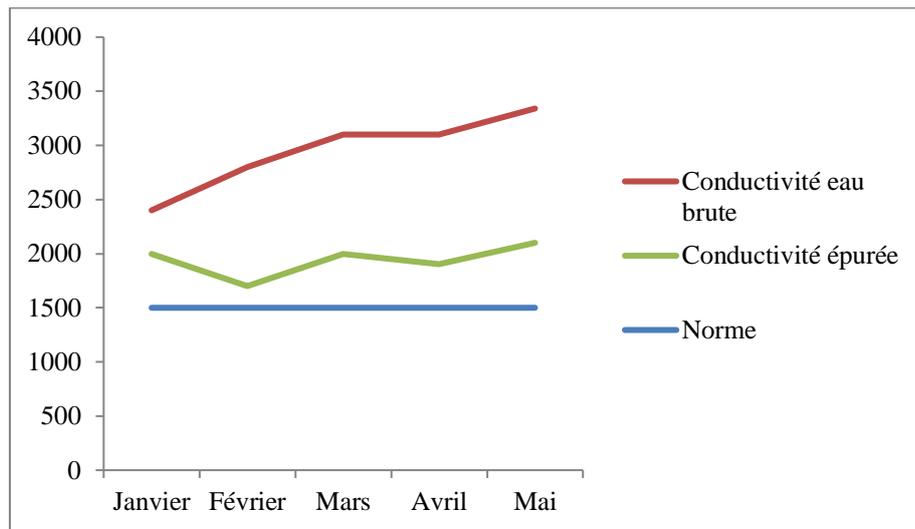


Figure 3. 9 : Variation de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP de Bouzedjar.

On observe que la conductivité des eaux brutes (Figure 3.9) se confine à l'intervalle $[2400- 3340]$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $2870\mu\text{S}/\text{cm}$. A la sortie de la station d'épuration ces valeurs diminuent entre $[1700- 2100]$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $1900\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats obtenus sont totalement supérieurs aux normes algériennes pendant toute la période traitement vu, cette dérogation est due à une augmentation de la proportion de sels dessous et ça revient à la nature des eaux traitées.

3.1.10 Nitrates (NO_3^-)

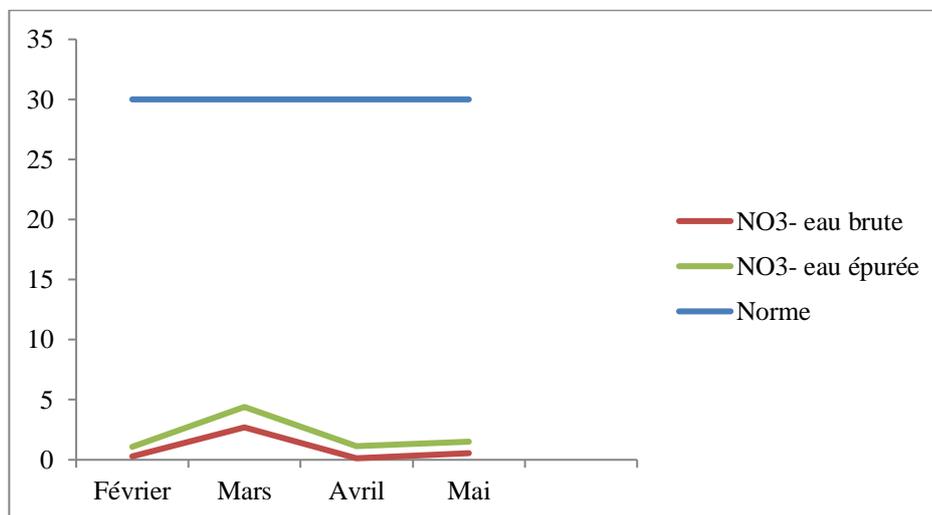


Figure 3. 10 : Variation des nitrates (mg/l) de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

Selon le graphe (Figure 3.10), les concentrations en nitrates de l'eau brute varient entre $[0,13-2,7]$ mg/l avec une moyenne de $1,415\text{mg}/\text{l}$, et les concentrations en nitrates de

l'eau épurée varient entre 1,08 et 4,4 mg/l avec une moyenne de 3,28mg/l ce qui répond à la valeur norme qui est de 30mg/l.

3.1.11 Nitrites (NO_2^-)

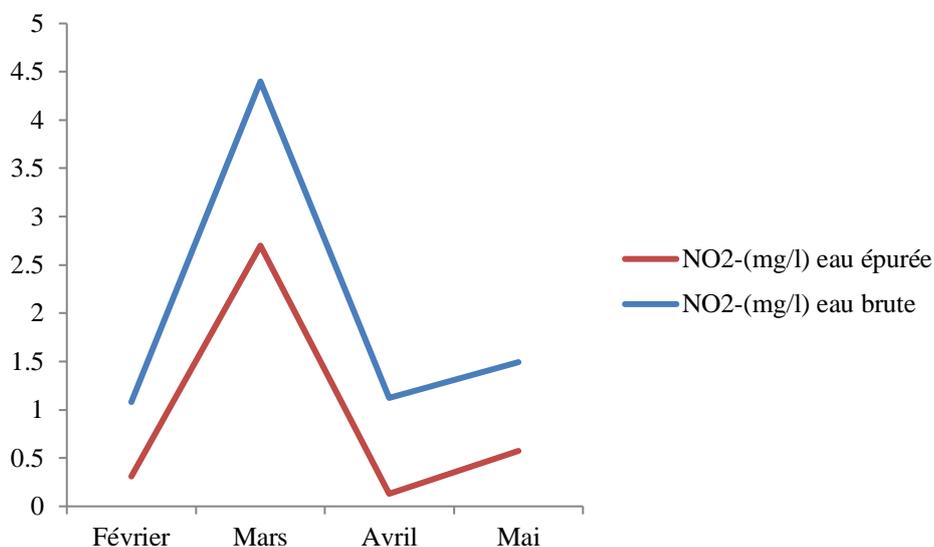


Figure 3. 11 : Variation des nitrites (mg/l) de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

Selon le graphe (Figure 3.11), les eaux brutes de la STEP ont une teneur en nitrates qui varie entre [0.071- 0.151] mg/l avec une moyenne de 0.111 mg/l et celles de l'eau épurée varient entre [0.06-0.091] mg/l avec une moyenne de 0.0755 mg/l.

3.1.12 Ortho-phosphates (PO_4^{3-})

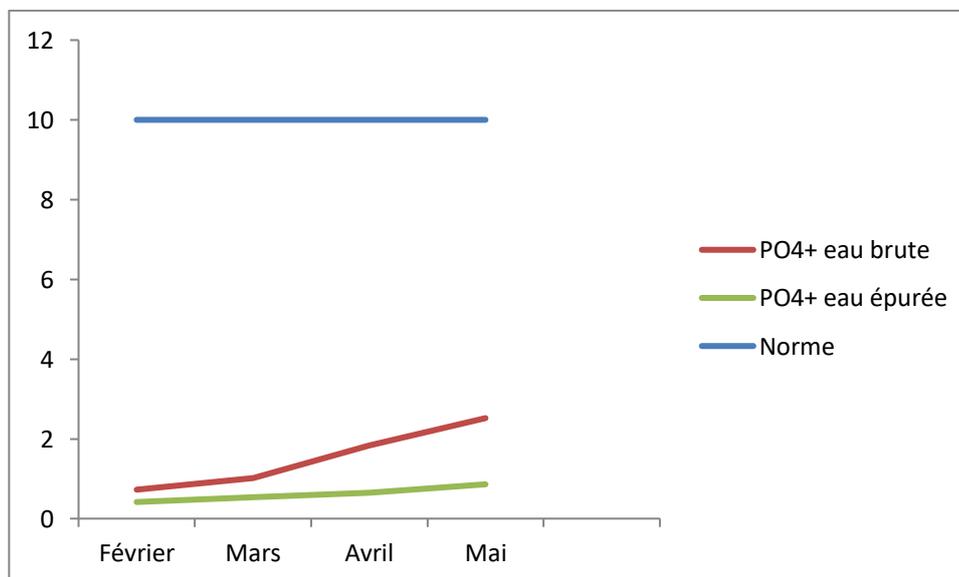


Figure 3. 12 : Variation des ortho-phosphates de l'eau usée à l'entrée et sortie de la STEP de Bouzedjar.

Les teneurs en ortho-phosphate des eaux brutes (Figure 3.12) varient entre [0.726-2.52] mg/l avec une moyenne de 1.623 mg/l. dans les eaux épurées ces teneurs diminuent et sont comprises entre 0.416 et 0.86 mg/l avec une moyenne de 0.846 ce qui correspond à la norme qui est de 10mg/l.

3.1.13 Détermination des rendements de la STEP (η) :

On présente dans ce travail, le pourcentage d'abattement des principaux paramètres de pollution : DBO₅, DCO et MES au niveau de cette station.

Le rendement c'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue.

Tableau 3. 1 : Résultats des rendements (DBO₅, DCO, MES).

Rendements	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
η (MES)	97,13%	96,78%	95,98%	94,25%	91,83%
η (DBO ₅)	98,80%	99%	98,82%	98,75%	98,57%
η (DCO)	94,66%	91,62%	93,22%	89,54%	97,47%

3.1.13.1 Rendement des matières en suspensions (MES)

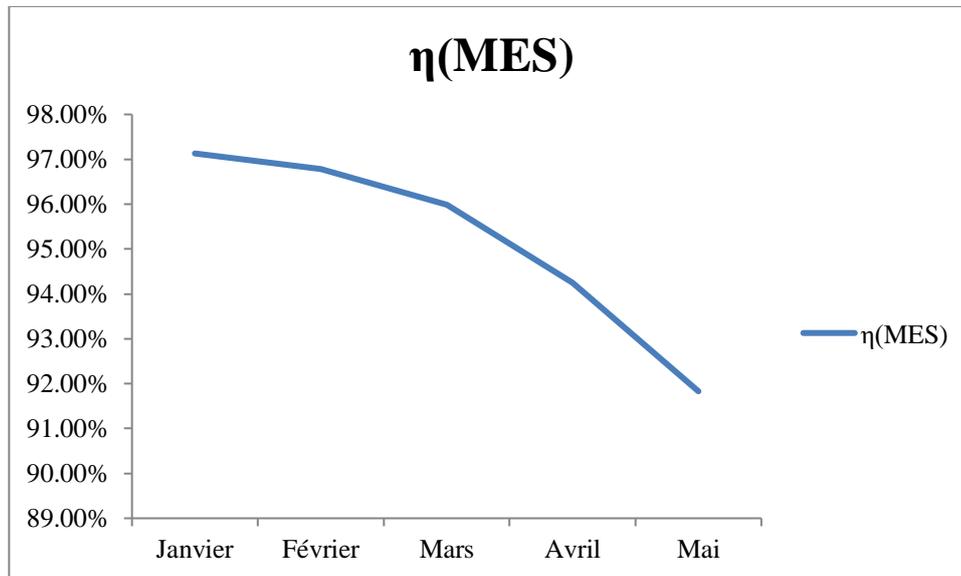


Figure 3. 13: Rendement d'élimination des (MES) dans la STEP.

On remarque d'après la représentation graphique (Figure 3.13) des valeurs de rendement d'élimination de MES dans la STEP, variant entre [91.83% - 97.13%] avec une moyenne de 95,79%. Donc on constate que la STEP de Bouzedjar dispose d'un bon rendement épuratoire de MES et nous permet de constater qu'aucun problème ne se pose au niveau du procédé d'épuration.

3.1.13.2 Rendement de la Demande biologique en oxygène (DBO₅)

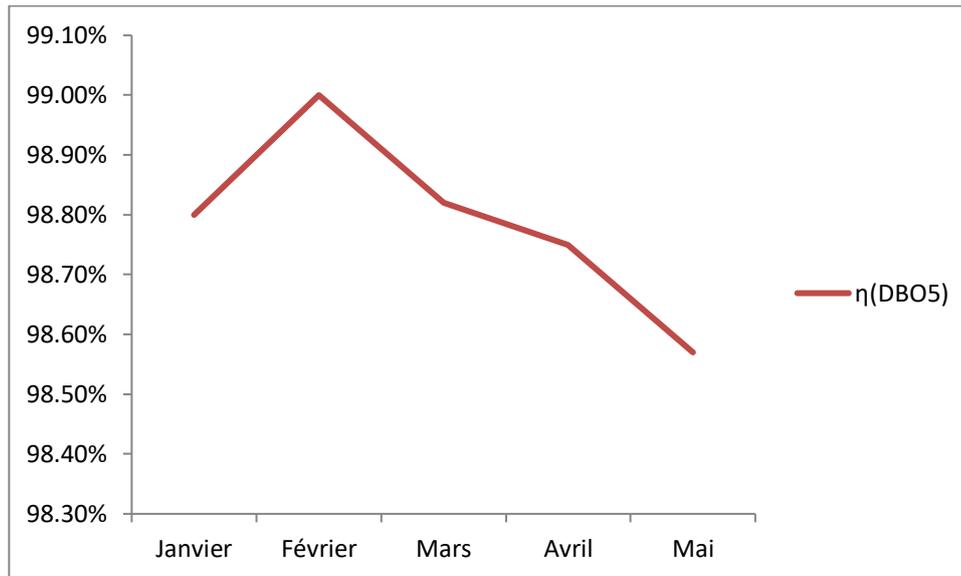


Figure 3. 14 : Rendement d'élimination de la (DBO₅) dans la STEP.

La figure 3.15 enregistre des valeurs de rendement d'élimination de DBO₅ dans la STEP variant entre [98,57% - 99%] avec une moyenne de 98,78%.

Le rendement épuratoire de la DBO₅ au niveau de la STEP est excellent dans sa globalité et nous permet de comprendre qu'aucun problème ne se pose au niveau du procédé d'épuration.

3.1.13.3 Rendement de la demande chimique en oxygène (DCO)

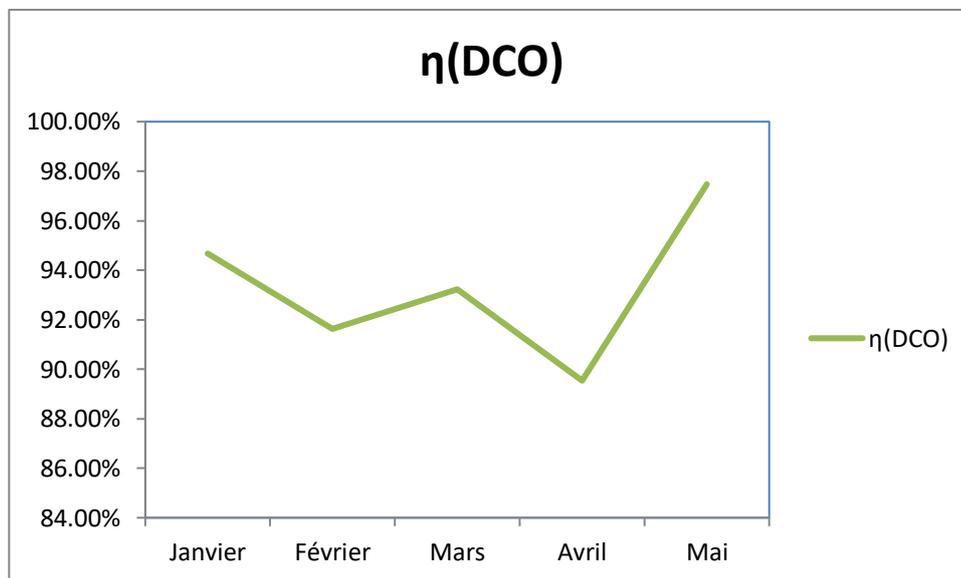


Figure 3. 15 : Rendement d'élimination de la (DCO) dans la STEP.

On remarque d'après la représentation graphique (Figure 3.15) des valeurs de rendement d'élimination de DCO dans la STEP variant entre [89,54% - 97,47%] avec une moyenne de 93,30%.

En générale, le rendement épuratoire de la DCO reste dans une stabilité sur une fourchette de bon rendement.

3.1.13.4 Biodégradabilité (K)

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées, il est indispensable de calculer le coefficient de la biodégradabilité K qui est le rapport entre la demande chimique d'oxygène (DCO) et la demande biologique d'oxygène (DBO₅), il est très important pour la recherche de la qualité de l'effluent, pour déterminer s'il y a des composants qui influencent la dégradation des matières organiques.

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

Avec :

K : Le coefficient de la biodégradabilité ;

DCO : la demande chimique d'oxygène ;

DBO₅ : la demande biologique d'oxygène.

Tableau 3. 2: Coefficient de la biodégradabilité.

	Interprétation
$1 < K < 1.5$	Effluent est biodégradable
$1.5 < K < 2.5$	Effluent est moyennement biodégradable
$K > 2.5$	Effluent n'est pas dégradé

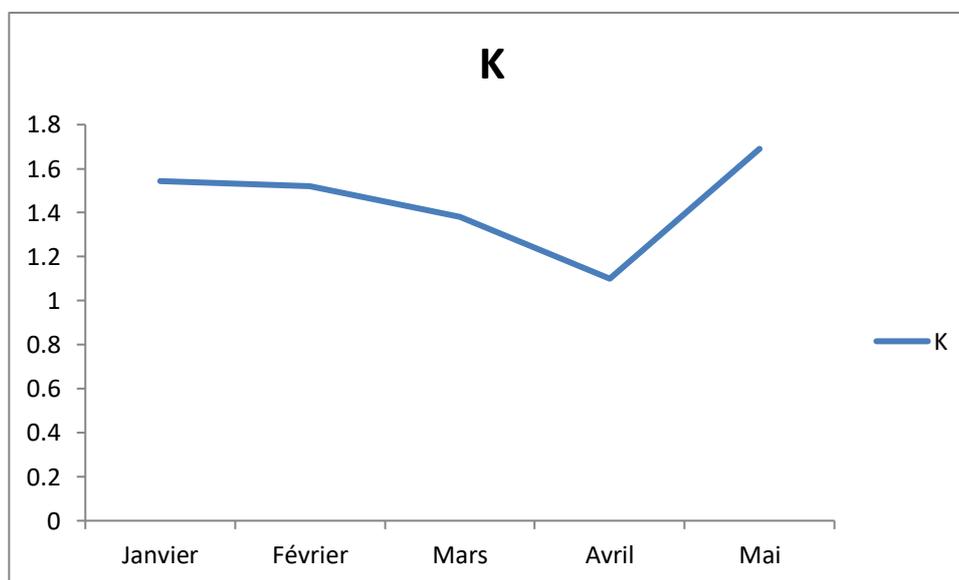


Figure 3. 16: Variation de la biodégradabilité (K).

Les valeurs de la biodégradabilité (K) des eaux usées de la station de Bouzedjar (Figure 3.16) varient entre [1,1-1,69], avec une moyenne de 1,44 où toutes les valeurs

sont situées entre [1.5-2.5] donc moyennement biodégradable sauf pour le mois de mars avec une valeur de 1.38 et le mois d'avril avec une valeur de 1.1 ce qui veut dire que les eaux usées écoulées durant ces deux mois sont biodégradables.

Conclusion

Ce dispositif correspond bien à un traitement biologique à boues activées à cultures libres à faible charge.

Après l'étude des paramètres physico-chimiques, des effluents entrants et sortant de la STEP de Bouzedjar, on peut conclure que la STEP permet une bonne réduction des teneurs en DCO, en DBO₅ et, et des matières en suspension, des nitrates, nitrite, et ortho-phosphates, sauf pour la conductivité électrique qui dépasse les normes.

Le rapport $K=DCO/DBO_5$, montre que les effluents entrants dans la STEP varie entre moyennement biodégradable et facilement biodégradable.

Pour la partie biologique, il y'a négligence totale dans la STEP des contrôles microbiologiques vu qu'ils ne réalisent même pas les analyses bactériologiques des germes indicateurs de pollution fécales de l'eau à savoir coliforme totaux, *E. coli* et streptocoques fécaux, donc impossible de savoir si l'eau suit les normes exigées pour la réutilisation de l'eau.

Concernant le traitement des boues, le processus se déroule dans de bonnes conditions mais comme pour l'eau il y'a indisponibilités des analyses bactériologiques donc impossible de savoir la qualité des boues produite par la STEP, et nous avons aussi appris que les agriculteurs n'ont pas encore le réflexe d'utiliser les boues produites par la STEP pour l'agriculture et préfèrent leurs vieilles méthodes ce qui est dommage vu l'énergie et le temps dépensé pour cela.

En dernier, on dira que la STEP de Bouzedjar est une jeune station, bien planifiée et équipée, mais manque de personnels spécifiquement un biologiste pour avoir un suivi sur les paramètres et la qualité de l'eau traitée et de la boue produite pour ainsi augmenter l'efficacité du traitement et avoir la meilleure exploitation de la station possible.

3.2 Résultats des paramètres physico-chimiques

Les échantillons des eaux usées brutes et épurées de la STEP sont recueillis dans des bouteilles en plastique pour les analyses physico-chimiques. Pour les paramètres bactériologiques, on a utilisé des flacons en verre stérilisés à 120°C, pendant une heure. Les bouteilles de prélèvement sont nettoyées et identifiées au préalable ; sur chacune d'elle, la date, l'heure et l'endroit de prélèvement sont mentionnés. Le temps de transport des échantillons doit être minimisé au maximum jusqu'à l'arrivée au laboratoire. Les échantillons doivent être conservés dans une glacière à une température de 4°C afin de garantir leur intégrité.

La chronologie des prélèvements et paramètres analysés se présente comme suit :

Les eaux à analyser sont : Eau usée brute, Eau usée épurée et Eau usée traitée à la bentonite.

Trois prélèvements des échantillons des différentes eaux sont réalisés en date : 18, 23 et 31 mai 2022.

Les paramètres physico-chimiques analysés : pH, Turbidité, Nitrate, odeur et MES pour l'eau brute et épurée uniquement. Pour l'eau traitée, juste l'analyse de la turbidité et des nitrates ont été réalisés.

Les paramètres bactériologiques analysés : coliformes totaux, Entérocoques et *E. coli*.

3.2.1 Température

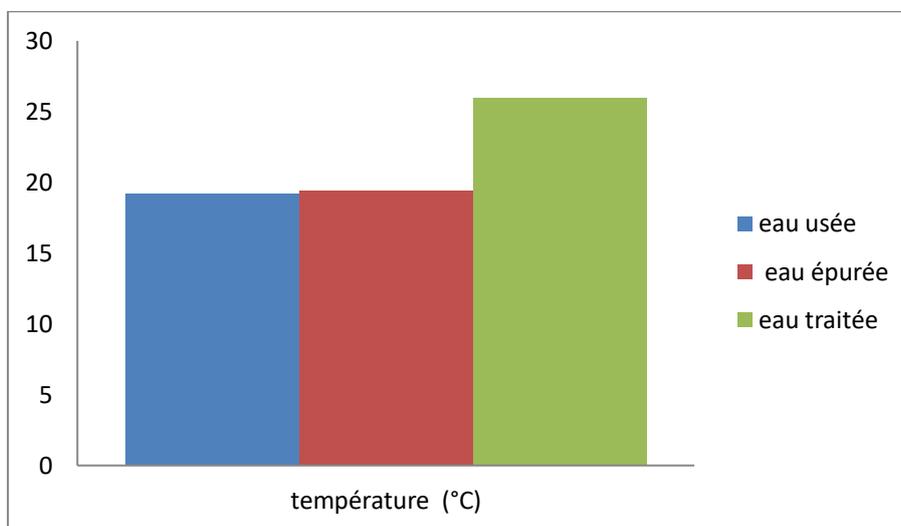


Figure 3. 17 : Représentation graphique de la température des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.17), on constate une augmentation légère de la température de l'eau épurée par rapport à celle de l'eau usée à cause du milieu de stockage sans couvercle.

L'augmentation importante de la température de l'eau traitée est due aux différentes conditions de stockage du produit traité.

3.2.2 Conductivité électrique (CE)

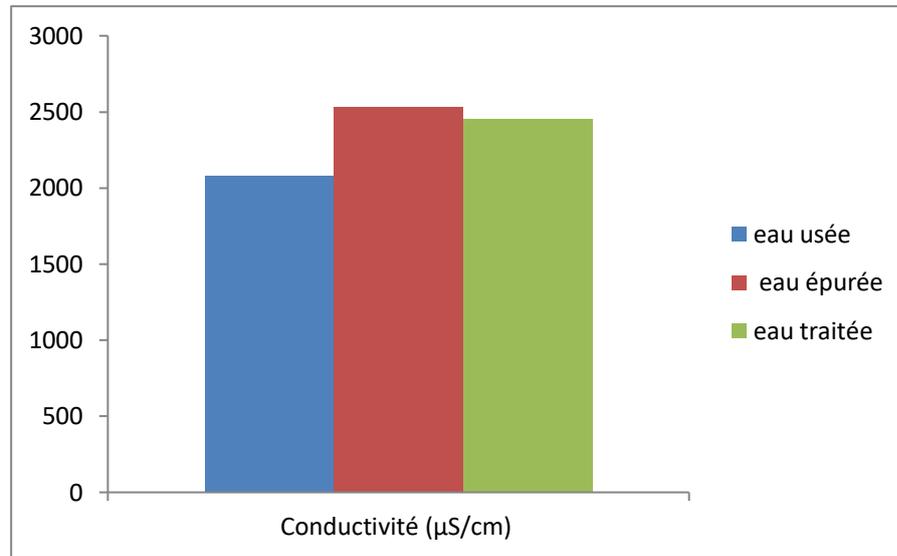


Figure 3. 18 : Représentation graphique de la conductivité des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.18), on constate une augmentation que ce soit pour l'eau épurée que pour l'eau traitée par rapport à l'eau usée.

L'augmentation de la conductivité électrique est due au traitement par l'addition d'un produit au cours de celui-ci, par exemple : polymère qui est à base de sels c'est ce qui est arrivé pour notre cas vu que l'argile utilisé (bentonite) est à base de sels.

3.2.3 Potentiel d'hydrogène (pH)

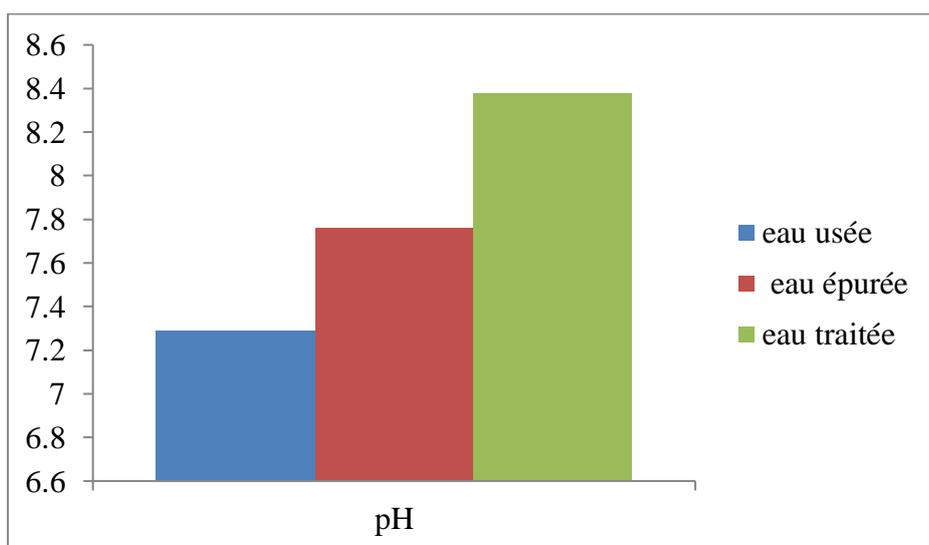


Figure 3. 19 : Représentation graphique du pH des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.19), on constate une augmentation légère du pH de l'eau épurés et importante pour l'eau traitée.

L'augmentation légère du pH de l'eau épurée est due a une présence des algues qui ont secrété une matière basique, par contre l'augmentation importante du pH de l'eau traitée est du a un additif chimique durant le traitement.

3.2.4 Turbidité

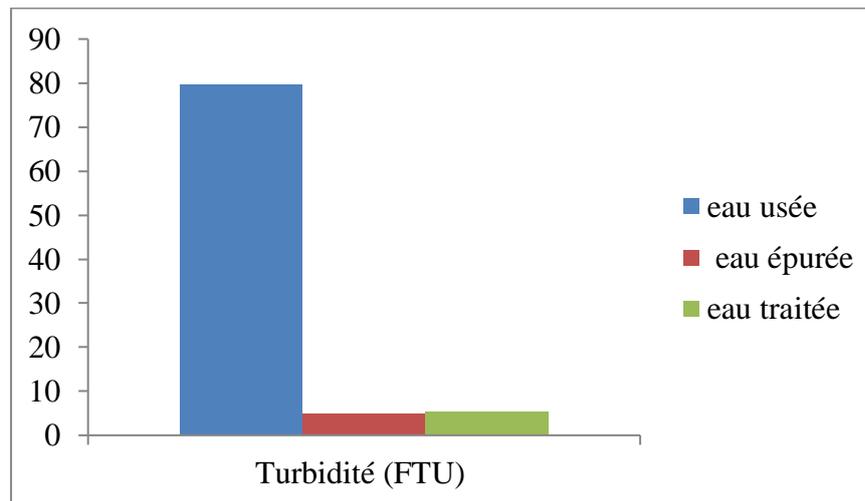


Figure 3. 20 : Représentation graphique de la turbidité des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.20), On constate une importante diminution de turbidité de l'eau épurée et l'eau traitée par rapport à l'eau usée de l'entrée.

Pour l'eau épurée, cette diminution importante est due au traitement où tout produit, substance ou métaux vont être éliminées avec la boue (phase de séparation boue-eau), tandis que pour l'eau traitée c'est grâce au phénomène de filtration où les produits, substances ou métaux vont être éliminés.

3.2.5 Matières en suspension (MES)

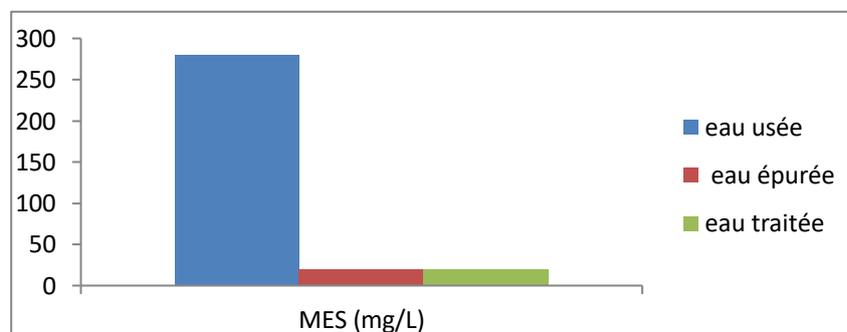


Figure 3. 21 : Représentation graphique de MES des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.21), on constate une diminution du MES de l'eau épurée et l'eau traitée par rapport à l'eau usée de l'entrée. Cette diminution de MES pour l'eau épurée est due au prétraitement (dessablage-déshuilage) et l'élimination de MES avec le traitement des boues. Concernant l'eau traitée, la diminution est due au traitement chimique utilisée et à la filtration qui a aidé à diminuer les matières en suspensions.

3.2.6 Ortho-phosphate (PO_4^{3-})

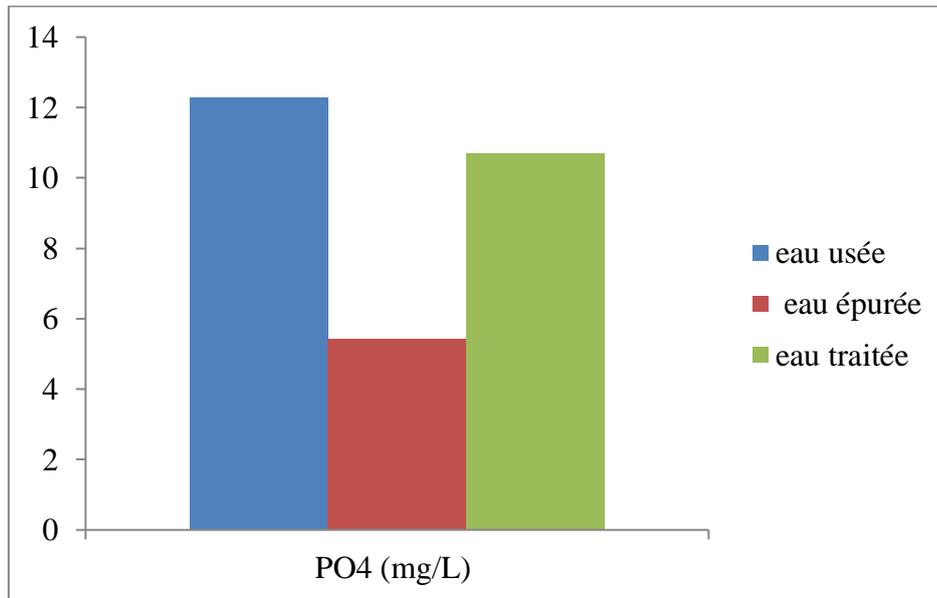


Figure 3. 22 : Représentation graphique des ortho-phosphates des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.22), on constate une diminution importante des ortho-phosphates pour l'eau épurée et moins importante pour l'eau traitée. Le résultat obtenu est dû à un traitement naturel à élimination biologique des bactéries pour l'eau épurée de la sortie de la STEP. Cependant pour l'eau traitée, le taux d'ortho-phosphates a diminuée à cause d'un additif chimique ajouté au cours du traitement, donc pour l'eau épurée c'est traitement biologique cependant pour l'eau traitée c'est un traitement chimique, et on sûr que si on utilise notre traitement chimique en plus du traitement biologique on aura un meilleur résultat de l'eau épurée de la STEP

3.2.7 Phosphore total (PT)

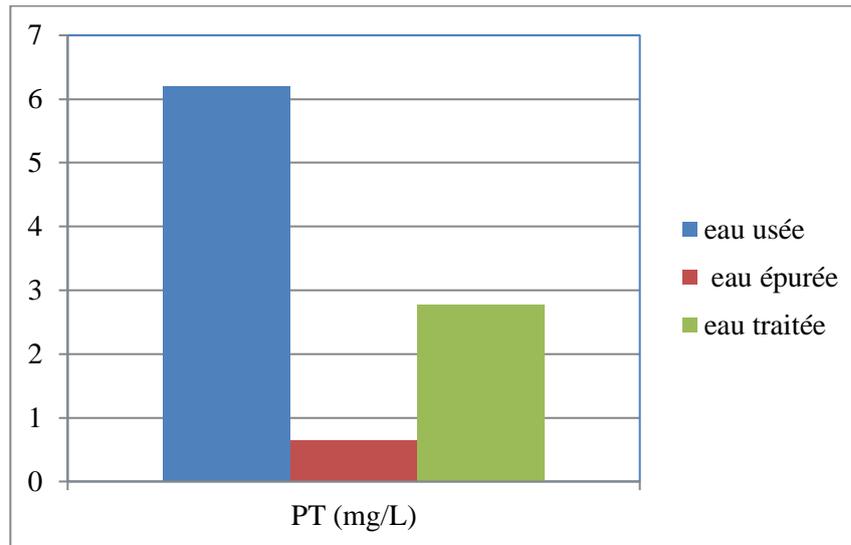


Figure 3. 23 : Représentation graphique du phosphore total des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.23), on constate une diminution importante du phosphore total pour l'eau épurée et moins important pour l'eau traitée.

Pareille que pour les ortho-phosphates, le résultat obtenus est dû à un traitement naturel à élimination biologique des bactéries pour l'eau épurée de la sortie de la STEP, cependant pour l'eau traitée, le taux de phosphore total a diminuée à cause d'un additif chimique naturel ajouté au cours du traitement, donc pour l'eau épurée c'est traitement biologique cependant pour l'eau traitée c'est un traitement naturel à base d'une argile, et on sûr que si on utilise notre traitement chimique en plus du traitement biologique on aura de meilleure résultat que l'eau épurée de la STEP

3.2.8 Demande chimique en oxygène (DCO)

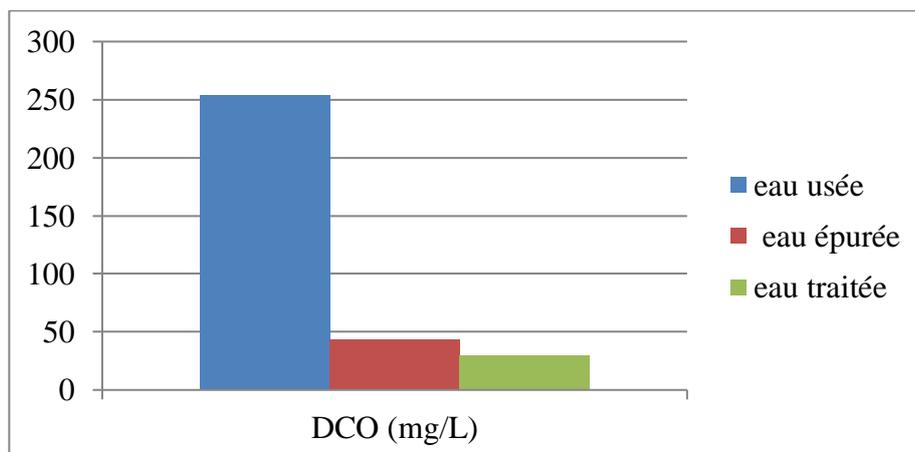


Figure 3. 24 : Représentation graphique de la DCO des différents échantillons d'eaux.

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.24), on constate une diminution importante pour la DCO de l'eau épurée et de l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

Pour l'eau épurée, cette diminution importante est due au traitement où tout produit, substance chimique ou métaux vont être éliminés avec la boue (phase de séparation boue-eau), tandis que pour l'eau traitée c'est grâce au phénomène de filtration où les produits toxiques et chimiques vont être éliminés.

3.2.9 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

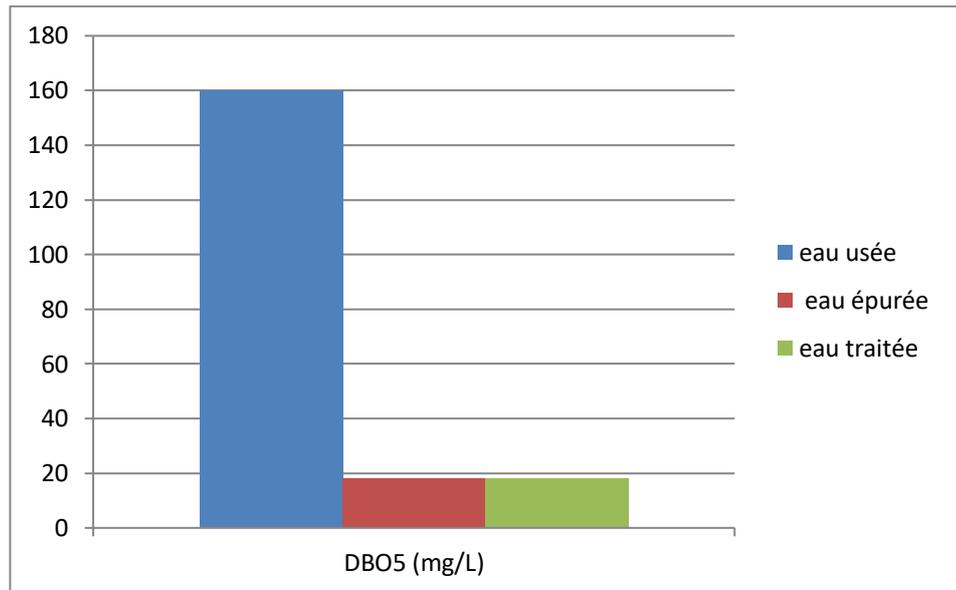


Figure 3. 25 : Représentation graphique de la DBO des différents échantillons d'eaux

3.2.9.1 Interprétation

En comprenant les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.25), on constate une diminution importante pour la DBO de l'eau épurée et de l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

3.2.9.2 Discussion

Cette diminution est due à une consommation élevée d'oxygène par les micro-organismes (bactéries) dans le but d'éliminer ou dégrader les matières organiques.

3.2.10 Nitrate (NO_3^-)

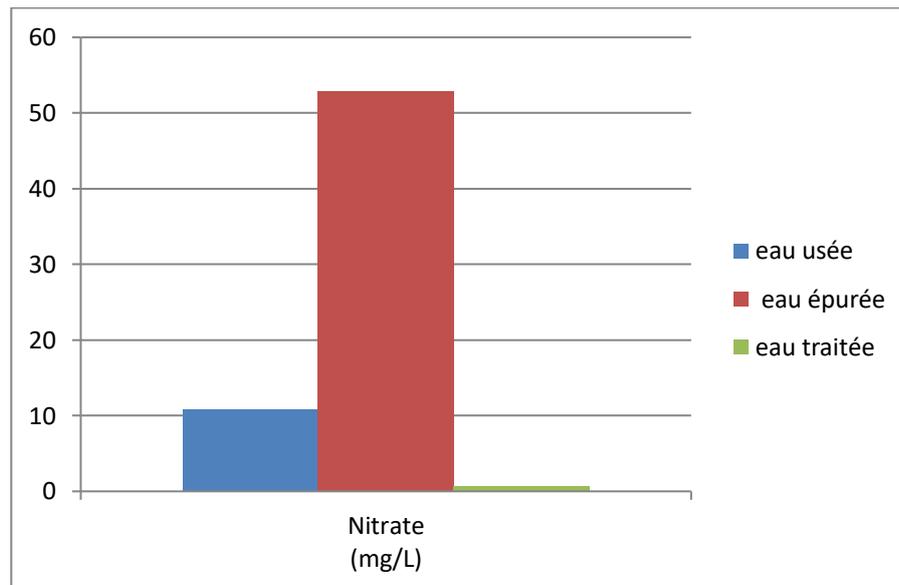


Figure 3. 26 : Représentation graphique de nitrate des différents échantillons d'eaux.

Pour les 03 résultats obtenus de la représentation graphique (Figure 3.26), on constate une bonne diminution pour les nitrates de l'eau épurée et une importante diminution (devenue quasiment nul) de l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

L'augmentation de la nitrate dans l'eau épurée de la STEP est sans doute à cause d'un problème au niveau de celle-ci, le traitement passe par deux étapes qui sont la nitrification et la dénitrification, donc sûrement il y'a un problème sur la 2ème étape, sinon pour l'eau traitée le traitement est très fiable parce qu'il a donné d'excellent résultat (on se rapproche du zéro en taux de nitrite).

3.3 Résultats des paramètres microbiologiques

Remarque : nous avons procédé à des dilutions de 100 et de 100000 afin de mieux apprécier et interpréter les différents résultats et que nous avons pris l'eau brute (entrée STEP) de la même journée comme base pour avoir notre eau traitée.

Pour avoir une dilution de 100 : on met 10 ml d'échantillons et on ajoute 90ml d'eau physiologiquement stérile

Pour avoir une dilution de 100000 on refait l'étape 5 fois de suite.

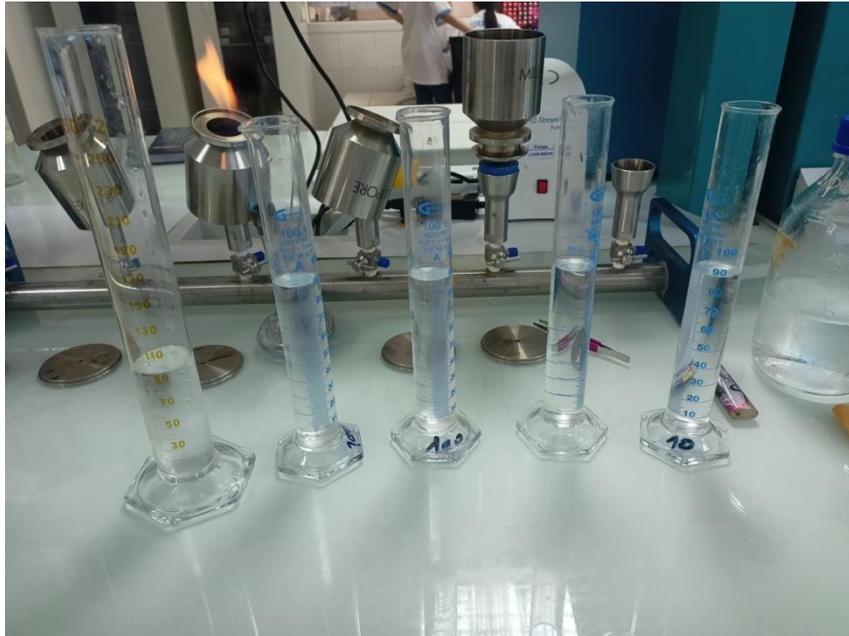


Figure 3. 27 : Procédure de dilution 10/100/1000/10000/100000

3.3.1 Coliformes et *E. Coli*

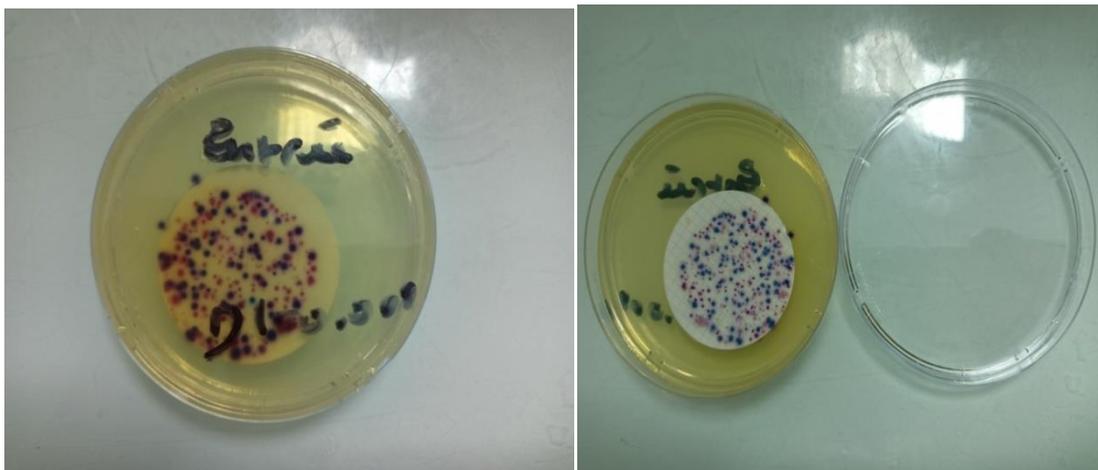


Figure 3. 28 : Représentation des boîtes de pétries Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et *E. Coli* de l'eau de l'entrée avec dilution de 100000.

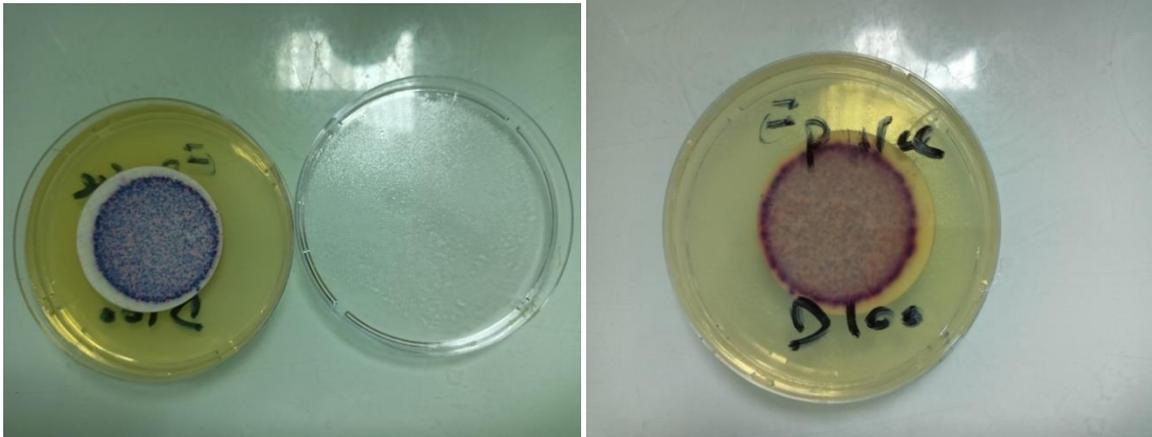


Figure 3. 29 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E. Coli de l'eau épurée avec dilution de 100

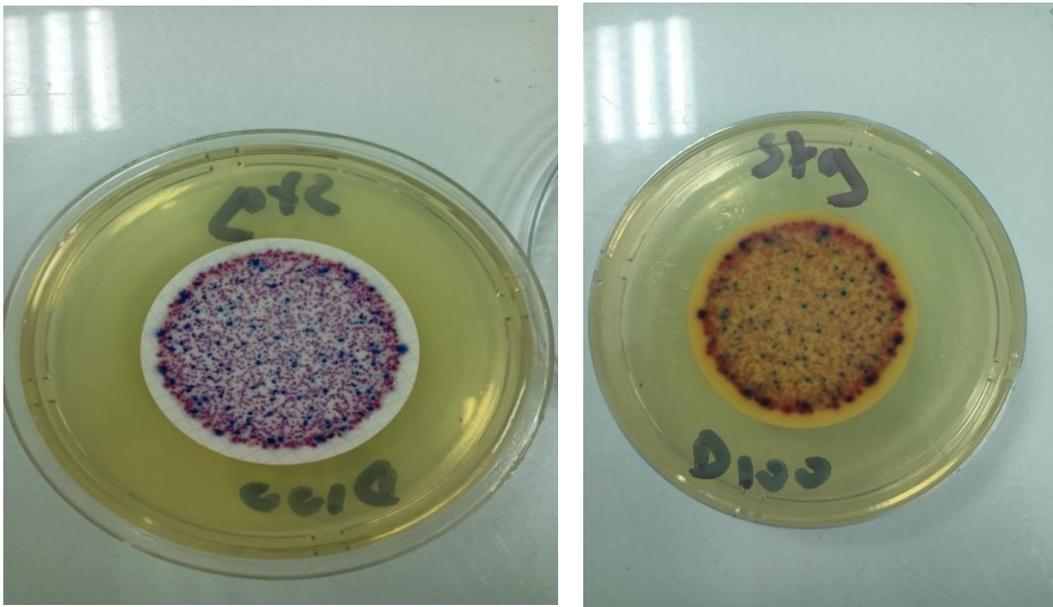


Figure 3. 30 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et E. Coli de l'eau traitée avec dilution de 100

3.3.1.1 Interprétation

Les 3 résultats obtenus montrent une légère diminution des colonies bactériennes d'*E.coli* et coliformes de l'eau épurée par rapport à celles de l'eau brute d'entrée, une très grande diminution d'*E.coli* et coliformes de l'eau traitée à la bentonite par rapport à l'eau épurée, et surtout une diminution importante d'*E.coli* et coliformes de l'eau traitée par rapport à l'eau épurée.

3.3.1.2 Discussion

Vu les résultats obtenus, on peut dire que notre traitement est plus efficace que celui de la STEP et donne de meilleur résultat en terme de réductions des bactéries coliformes et E. Col, cela est dû à l'argile naturel utilisé pour la filtration de l'eau usée qui est l'argile : bentonite qui joue le rôle d'un absorbant des toxines et bactéries ayant tendance à diminuer bien évidemment ce qui a été montré dans les résultats ci-dessus.

3.3.2 Entérocoques

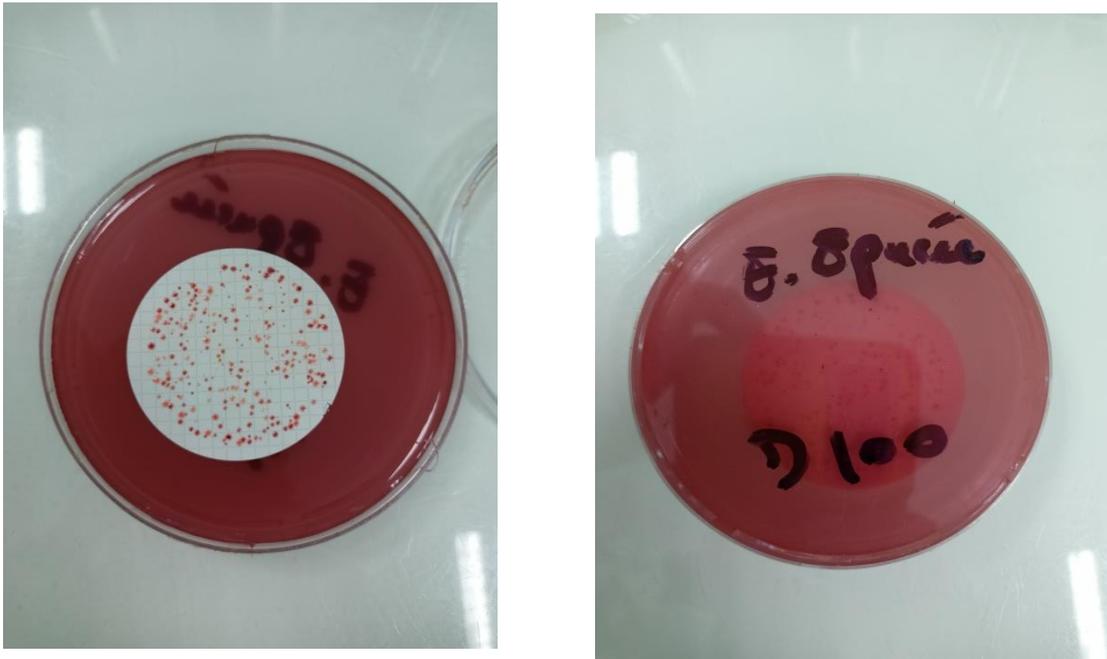


Figure 3. 31 : Représentation des boîtes de pétries (Slanetz Bartley) Correspondant à la recherche et dénombrement d'entérocoques avant confirmation de l'eau épurée avec dilution de 100

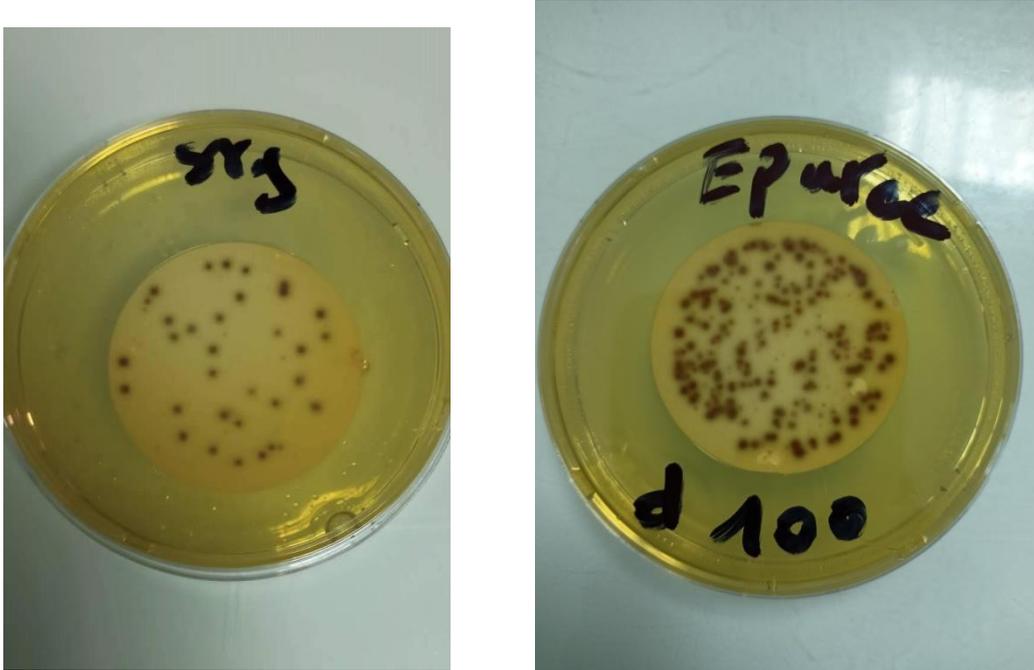


Figure 3. 32 : Représentation des boîtes de pétries (CCA) Correspondant à la recherche et dénombrement d'entérocoques après confirmation de l'eau épurée avec dilution de 100

Remarque : STG = Stagiaires

3.3.2.1 Interprétation

Les 2 résultats obtenus montrent une très grande diminution d'entérocoques de l'eau traitée par rapport à l'eau épurée.

3.3.2.2 Discussion

Vu les résultats obtenus, on peut dire que notre traitement est plus efficace que celui de la STEP et donne de meilleur résultat en terme de réductions des bactéries d'entérocoques.

Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau traitée par la bentonite ont enregistré des valeurs importantes en comparaison avec ceux épurés par la STEP. Les concentrations en nitrates et en phosphore sont plus intéressantes. Concernant la partie microbiologique, la différence est claire et précise, notre traitement donne de meilleurs résultats concernant la diminution des marqueurs et les indicateurs de pollution fécale des eaux. De cette manière, nous pouvons suggérer notre traitement en complément de celui de la STEP pour garantir une meilleure efficacité et avoir une eau épurée mieux qualitative.

CHAPITRE 04 : Réutilisation des eaux usées de la STEP et traitées par la bentonite pour la culture du gazon

Introduction

L'eau est une ressource naturelle très limitée dans les régions semi-arides. Elle est très demandée. Elle est nécessaire à toutes activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée. Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble.

Cependant si l'eau est préalablement traitée, elle trouve d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole, où elle vient valoriser l'itinéraire technique mis en application pour produire plus [90].

La réutilisation des eaux usées traitées est devenue une solution, contre le manque des ressources hydriques qui se traduit par des baisses de rendement dans le domaine agricole ; en Algérie face à ce stress hydrique les agriculteurs irriguent avec des eaux usées brutes (sans épuration), qui est un acte dangereux pour le consommateur des produits agricoles et interdit par la loi algérienne publiée dans le journal officiel Algérien (JOA).

Dans ce chapitre, nous allons réaliser une expérience pratique sur la réutilisation des eaux usées épurées et traitées à des fins agricoles, dans notre cas l'implantation de gazon en utilisant une eau brute de la zone de Bouzedjar après traitement cette dernière avec de l'argile de bentonite du coup on va présenter la plante étudiée et le type de traitement et produit utilisé pour comprendre mieux l'importance des eaux usées et leur bénéfice en cas de traitement pour l'environnement et spécialement dans la réutilisation à des fins agricoles.

4.1 Réutilisation des eaux usées

4.1.1 Objectif de la réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de pénurie de l'eau dans le Maghreb arabe, et les besoins croissants en cette matière. Elle peut constituer aussi une alternative importante à l'usage des eaux propres et fraîches dans le secteur agricole. Par conséquent, elle peut atténuer la pression sur l'utilisation des eaux conventionnelles en irrigation. Cette réutilisation peut engendrer aussi des risques sanitaires et environnementaux si ces eaux sont insuffisamment épurées.

L'objectif principal de ce travail est de dresser un diagnostic de la réutilisation des eaux usées en agriculture, d'autres objectifs sont aussi visés dans ce travail :

L'identification des enjeux et des avantages de la réutilisation des eaux usées,

Une présentation des problématiques et des risques qui peuvent engendrer par cette réutilisation.

La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture est encore en stade expérimentale et très peu développée en Algérie, d'ailleurs, la Tunisie constitue un exemple d'une politique nationale de la réutilisation des eaux usées puisqu'elle est lancée dans ce domaine depuis longtemps. [91]

4.1.2 Réutilisation Interdite Des Eaux Usées

La réutilisation des eaux usées non traitées est formellement interdite par la loi n° 83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement et la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant le code des eaux. Les valeurs maximales de rejets d'effluents liquides par les établissements industriels sont définies par le décret 93-160 du 10 juillet 1993 qui charge également les Inspections de l'Environnement des wilayas (IEW) d'effectuer les contrôles [92]. Sachant que la loi Algérienne se base sur les directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

4.1.3 Réutilisation Des Eaux Usées Épurées Pour L'Irrigation En Algérie

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique qui date des temps anciens. Selon le MRE, dès les années 1990, des programmes de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation ont été mis en œuvre.

Par ailleurs, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épurations exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas, quelques stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. En 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricoles. En effet ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu une évolution significative où environ 17 millions de m³ ont été enregistrés en 2011, environ 45 millions de m³ en 2012, 300 millions de m³ en 2014

4.2 La plante étudiée

4.2.1 Généralités sur le gazon

Le végétal, et en particulier le gazon, est amené à prendre une place de plus en plus importante dans les espaces urbains dans toute leur diversité. Augmenter les surfaces engazonnées permet de bénéficier de multiples bienfaits : abaissement de la température ressentie en été, amélioration de la qualité de l'air, etc. Cependant, dans le même temps, le recours aux produits phytosanitaires est de plus en plus limité. Or, quand le désherbage chimique n'est plus possible, il devient beaucoup plus facile d'entretenir une surface engazonnée, plutôt que de chasser la moindre mauvaise herbe sur un espace artificialisé.

4.2.2 Définition du gazon

Le gazon, appelé plus couramment pelouse, est une surface semée densément d'herbes fines sélectionnées, généralement située à proximité d'un lieu habité, recouverte de végétaux appartenant le plus souvent à la famille des graminées et à celle des papilionacées. Il est généralement tondu régulièrement pour le rendre plus dense, Il s'agit d'un mélange de semences ou d'herbes sauvages régulièrement entretenues et qui forme ainsi un tapis dense et agréable.

Dans la plupart des cas, le gazon est semé et il est sage de choisir le type de mélange de graines utilisé en fonction de la fréquence de l'entretien envisagé (il existe des gazons nains à pousse lente nécessitant moins de tontes par exemple), de la nature du terrain, du climat, de l'exposition et de l'usage (piétinement intensif ou non). La fréquence des arrosages ultérieurs est aussi à prendre en compte lors du choix du bon mélange. Ce dernier comporte le plus souvent une bonne proportion de Ray Grass, une herbe plutôt grossière et facile à vivre, mais à croissance rapide ce qui permet de verdir rapidement le terrain.

-Les graminées les plus plébiscitées sont

-Le ray-grass anglais, la grande vedette des pelouses. Il s'agit d'une espèce aux feuilles assez larges et s'installant très rapidement. Sa durée de vie avoisine cinq ans. C'est la meilleure espèce du point de vue résistance au piétinement et elle n'est pas très sensible à la sécheresse.

-La fétuque rouge donne, quant à elle, des gazons très fins, compacts et qui durent longtemps. Elle s'adapte à tous les sols et à tous les climats.

-Le pâturin des prés pousse partout mais préfère les sols légers et convient bien aux talus.

-L'agrostide commune donne un gazon fin, souple et dense mais on lui reproche sa résistance assez faible au piétinement et sa tendance à jaunir en hiver.

-La fétuque ovine présente des feuilles très fines et résiste bien à la sécheresse. Elle s'installe toutefois lentement et craint la concurrence des mauvaises herbes.

-La crételle des prés est une espèce surtout utilisée pour la création de pelouses rustiques.[93]

4.2.3 Critères influençant sur la poussée du gazon

Aujourd'hui, on trouve en jardinerie plusieurs types de gazon à semer. Le choix doit s'effectuer en fonction de nos besoins et du terrain à couvrir. Il existe du gazon en plaque, de la pelouse en rouleau ou des graines prêtes à semer.

Selon la catégorie de pelouse, le temps de poussée diverge. Même parmi les diverses graines de gazon, certaines variétés vendues dans le commerce mettent plus de temps que d'autres à pousser.

Nous devons également prendre en compte d'autres facteurs extérieurs et certaines conditions pour la mise en terre ainsi que la germination de notre pelouse verte :

- **Nature du terrain**

Sachez que tous les types de terrains ne peuvent pas accueillir les semis de gazon. Il faut un terrain spécifique pour favoriser la germination et la pousse. On doit demander l'avis d'un spécialiste dans le domaine. Lui seul pourra déterminer si le sol de votre maison est favorable à ce projet.[94]

- **Type de gazon**

Comme toutes les plantes, les graines de gazon se déclinent également en différentes catégories. Chaque type de gazon a son propre temps de pousse. Parmi les graines prêtes à semer, certaines germent plus vite que d'autres.[94]

- **Arrosage**

Le gazon fraîchement semé ne demande pas un arrosage abondant et régulier. Pour pallier le manque d'eau en période estivale, réduisez la fréquence de l'arrosage et la hauteur de tonte. Certes, notre pelouse deviendra sèche, mais il reverdira dès que la pluie tombe. Cela nous évitera ainsi d'avoir une facture astronomique d'eau à la fin du mois.[94]

- **Arrosage régulier et bien maîtrisé**

Pour que notre pelouse pousse rapidement, nous devons l'arroser régulièrement. Effectivement, il est important que le sol reste frais. Après le semis, arrosez en pluie fine afin que le taux d'humidité puisse faire croître les graines. Pendant 8 à 10 jours après le semis, on arrose nos graines 2 à 3 fois par jour pendant environ 10 minutes. Il faut faire attention à ne pas arroser trop abondamment, auquel cas nos graines risquent d'être noyées.[95]

- **Ensoleillement**

Si les semis sont trop exposés aux rayons du soleil, la germination ne risque pas d'avoir lieu. Ils subiront instantanément les effets nocifs de la lumière, à peine sortis de terre.[94]

- **Qualité du binage**

Pour faciliter la germination, on effectue un bêchage régulier après la mise en terre de nos semis. De cette manière, l'eau pénétrera mieux dans la terre. Le binage peut aussi se faire à la période de germination pour que la pousse soit encore plus rapide.[94]

- **Engrais**

Il existe des engrais spécifiques qui sont adaptés à la culture du gazon. Pour savoir lequel est approprié à notre type de terrain, on demande conseil auprès d'un professionnel du domaine.

On utilise de l'engrais peut être bénéfique. Avant de commencer notre semis ou poser le gazon en plaque, on met de l'engrais sur le sol pour favoriser la pousse. On

arrose bien l'engrais afin qu'il nourrisse correctement la terre et pénètre parfaitement en profondeur.

Si nous ne savons pas quel engrais choisir pour faire pousser la pelouse, sachez qu'un produit de qualité est préférable. En cas de première pelouse ou pour réparer un gazon, on privilège une semence enrichie d'engrais. Cela permet de faire pousser les herbes beaucoup plus vite.

D'autre part, nous pouvons mettre de l'engrais au printemps et à l'automne au cours des années suivantes. En plus de favoriser la pousse, cela permet à l'herbe de gagner en densité. C'est aussi utile pour protéger la pelouse du gel avant l'arrivée de la saison froide. Et rien de tel que de l'engrais dispersé dans le gazon au milieu de l'été pour l'aider à résister aux sécheresses et canicule.

- **Temps d'attente de la poussée**

Une fois que toutes les conditions citées ci-dessus sont bien respectées, nous devons tout de même être patient et attendre 7 à 10 jours pour que les premières herbes apparaissent. Toutefois dès le premier mois, une pelouse clairsemée commence à jaillir.

- **Durée de vie du gazon**

Il n'y a pas de durée définitive concernant la durée de vie d'une pelouse. Il est tout à fait normal qu'au fil du temps ce type de végétation change. Deux conditions doivent être présentes : environnement et la nature du sol. C'est une plante qui vit et s'adapte à son environnement.[94]

- **Période de semence du gazon**

Les deux meilleures périodes propices au semis du gazon s'étalent de mi-septembre à mi-octobre, car le sol est encore chaud et frais et la concurrence des mauvaises herbes plus limitée, ou bien au printemps. Dans ce dernier cas, il convient d'assurer au jeune gazon des arrosages réguliers pour qu'il passe l'été sans problème. En revanche le résultat en termes de verdissement est alors plus rapide. Il est aussi plus facile d'opérer (préparation du sol et semis) lorsque la terre est sèche et donc friable.[96]

4.2.4 Impact environnemental

Le gazon est préféré par les écologistes aux pelouses artificielles ou aux sols nus ou imperméabilisés, car il protège le sol et permet le cycle de l'eau. Mais il peut aussi être artificialisant et générer divers impacts environnementaux négatifs.[97]

4.2.4.1 Impacts positifs

Par rapport à un espace labouré ou à un espace imperméabilisé et construit, dans les zones climatiques où elle est adaptée, la pelouse contribue significativement à la qualité de l'air de l'eau et des sols, de plusieurs façons :

- Grâce à son évapotranspiration, elle a un pouvoir rafraichissant de l'air ;
- Elle contribue à fixer certains aérosols et les poussières de l'air ;

- Le feutre racinaire d'une pelouse dense constitue un excellent filtre pour l'eau et limite fortement les "fuites de nitrates" et d'autres polluants dans la nappe phréatique (des produits non biodégradables, tels que les métaux lourds peuvent toutefois finir par dangereusement s'accumuler dans la couche supérieure) du sol et dans l'herbe elle-même⁷ ;
- Dans une certaine mesure (cela ne fonctionne pas avec les désherbants totaux ou visant les graminées, quand les doses atteignent leur seuil d'efficacité), les bandes enherbées peuvent absorber des pesticides et en protéger les eaux superficielles et de nappe.
- La pelouse amortit les bruits (amortissement direct, et effet tampon du bruit ambiant assuré par le sol et la végétation) ;
- Elle abrite une certaine biodiversité ;
- En captant du gaz carbonique et libérant de l'oxygène, les pelouses séquestrent autant de CO₂ que les forêts pour la même surface ; selon une étude américaine, un gazon bien géré, dans de bonnes conditions est aussi un puits de carbone. Une pelouse de 230 m² produit l'équivalent des besoins en oxygène d'une famille de 4 personnes.
- Enfin, la sélection des plantes à gazon permet une gestion de plus en plus « écologique » des pelouses en diminuant le nombre de tontes, les quantités de déchets verts et les besoins d'entretien, grâce aux améliorations de la résistance aux maladies des différentes espèces de graminées à gazon.[97]

4.2.4.2 Impacts négatifs

- Le gazon peut être consommateur important d'eau d'arrosage.
- Sur les sols pauvres et sableux, des apports d'engrais importants, s'ils sont lessivés par les pluies et les arrosages, peuvent polluer la nappe phréatique et/ou les cours d'eau superficiels.
- À l'échelle d'un pays comme les États-Unis où les surfaces engazonnées sont très étendues, une mauvaise gestion des tontes peut être à l'origine d'émissions non négligeables de méthane (Cf. mauvais compostage). Si les tontes sont jetées avec les ordures ménagères, elles risquent de méthaniser dans une décharge ou d'être brûlées dans un incinérateur en gaspillant des carburants fossiles.
- Le gazon est à l'origine dans certains pays, aux États-Unis notamment, d'une pollution de l'eau et des sols par les pesticides.
- L'utilisation intensive d'une tondeuse thermique est source de bruit.

Selon les pratiques d'entretien, l'empreinte écologique des gazons peut donc être élevée.[97]

4.3 Présentation de produit naturel utilisé dans le traitement

4.3.1 Traitement des eaux par les argiles

Les eaux épurées par la station de Bouzedjar ne sont pas adéquates à être réutilisées à des fins d'irrigation car le traitement de la STEP n'est pas suffisant à éliminer

tous les impuretés. Pour résoudre le problème on a essayé d'établir un deuxième traitement basé sur les argiles comme adsorbants de polluants et organiques et pour cela on a utilisé le Bentonite.

4.3.1.1 Généralité sur les argiles

Le mot argile a une origine grecque, il vient du terme argilos dérivé d'Argos qui veut dire blanc. Selon la définition donnée par Laprent en 1937, « qu'une argile est un corps minéral caractérisé spécifiquement par la nature, le nombre d'arrangement mutuel des atomes dont sa composition physique se compose » [98]. La structure des argiles est dite phyllosilicate, qui signifie qu'elle est constituée d'un empilement de feuillets tétraédriques et octaédriques [99].

4.3.1.1.1 La bentonite

Les bentonites sont des silicates d'alumine hydratés appartenant au groupe des Montmorillonites de formule brute : $Si_4 (Al (2-x) Rx) (O_{10}, H_2O) (Cex, NH_2O)$ ou $Si_4 (Al (2-x) Rx) (H_2O) n$ avec :

- R = Mg, Fe, Mn, Zn, Ni
- Ce (cations échangeables) = Ca, Na, Mg.

La bentonite est une argile douée de propriétés de surface (caractère, affinité pour l'eau, capacité d'adsorption de composés électro-positifs,). Les caractéristiques physicochimiques, les propriétés clarifiantes de bentonites d'origines diverses firent l'objet de nombreuses études. En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Bouhrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes.[100]

En cas de contact avec un fluide, ses composants électriques changent, ce qui lui donne la capacité d'absorber les toxines. Elle est ainsi connue pour sa capacité à absorber et à éliminer les toxines, les métaux lourds, les impuretés et les produits chimiques.

4.3.1.1.1.1 Origine de la bentonite

Les bentonites sont des argiles d'origine volcanique, constituées principalement de montmorillonite ; l'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites. Les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton [101]. Elle contient plus de 75 % de montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France).

La bentonite est une dénomination de la montmorillonite. Cette dernière a été découverte dans des gisements argileux situés près de Montmorillon dans la Vienne, en France. Les bentonites découvertes dès 1888 contiennent au moins 75% de montmorillonite. Sous sa forme brute naturelle, la bentonite est une roche tendre ayant à

peu près la consistance du kaolin, c'est à dire friable, onctueuse au toucher, sa teinte est blanche, grise ou légèrement teinte de jaune. Elle provient de la dévitrification des couches volcaniques sous l'influence des eaux à réaction alcaline ou acide. En plus de la montmorillonite, cette terre peut contenir d'autres minéraux argileux (kaolinite, illite,) ainsi que des impuretés sous forme de gypses, de carbonates...etc.[102]

4.3.1.1.2 Types de bentonites

On distingue trois types de bentonites par rapport à leur pouvoir de rétention de molécules organiques, qui sont :

A- Bentonites naturelles

En fonction de la nature du cation échangeable présent, il existe à l'état naturel deux types de bentonites [102]:

-Les bentonites sodiques, où le sodium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un fort pouvoir de gonflement et d'adsorption.

-Les bentonites calciques, où le calcium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un pouvoir de gonflement et d'adsorption plus faible que les bentonites sodiques. Ces deux types de bentonites, éventuellement après un séchage à 80-90 °C, sont simplement broyées avant leur commercialisation.

B- Bentonites activées

Afin d'améliorer les propriétés d'adsorption des bentonites calciques, ces dernières sont le plus souvent activées par du carbonate de sodium puis séchées et broyées ; on obtient ainsi des bentonites calciques activées dont les propriétés sont égales ou supérieures à celles des bentonites sodiques. Les propriétés de ces bentonites ainsi activées ou permutées sont moins stables dans le temps (3 à 18 mois) et dépendent de l'activation et des taux de magnésium, calcium et sodium. Ces différents types de bentonites se présentent sous forme de poudre ou de granulés sphériques ou cylindriques. Elles ont des couleurs très variables allant du blanc pour les produits les plus purs au gris, beige ou vert pour les autres. [102]

4.3.1.1.3 Propriétés de la bentonite

La bentonite se disperse facilement dans l'eau. On obtient une suspension dont les propriétés sont en fonction des caractéristiques suivantes :

- **L'hydratation interne ou gonflement**

Le caractère dipolaire des molécules d'eau a donné naissance à une ancienne théorie qui consistait à dire que la surface des argiles étant chargée négativement, les molécules d'eau s'orientaient de façon que leur extrémité positive soit dirigée vers l'argile et leur extrémité négative vers l'extérieur. Cette première couche d'eau forme alors une nouvelle surface négative ou d'autres molécules peuvent se fixer et ainsi de suite.

- **Cations échangeables et adsorption**

Les argiles ont la propriété d'adsorber certains anions et cations et de les retenir dans un état où ils sont échangeables avec d'autres ions en solution. Dans les argiles, les cations échangeables les plus communs sont par ordre décroissant : Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH_4^+ et Na^+ .

Comme il a été dit précédemment dans le cas de la montmorillonite, le motif cristallin présente une charge négative au sein du feuillet par suite de la substitution d'ions Al^{3+} par des ions Mg^{2+} , en couche octaédrique, et des ions Si^{4+} par des ions Al^{3+} en couche tétraédrique.

Cette charge négative est évidemment compensée par un nombre équivalent de cations.

Pour des raisons de neutralisation électrique, ces cations se logent dans les espaces inter foliaires ainsi qu'à la surface des feuillets. Le cation majoritairement représenté conditionne largement les propriétés physico-chimiques des bentonites.

Le dosage des cations permet donc de déterminer la nature de l'argile : sodique, calcique ou magnésienne. BLADE et BOULTON cités par MARCHAL [103] classent les bentonites en tenant compte des deux cations échangeables. Pour le Na et le Ca, ils obtiennent ainsi 4 catégories : Na, Na-Ca, Ca-Na, Ca.

4.3.1.1.4 L'utilisation de la bentonite

Les propriétés spéciales de la bentonite (hydratation, gonflement, absorption d'eau, viscosité, thixotropie) font d'elle un matériel valable pour d'éventuelles utilisations et applications.

Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement, ainsi que par des propriétés rhéologiques particulières (thixotropie). Elles ont de ce fait de larges applications, toujours plus nombreuses et dans différents domaines (forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorantes..., etc.).

L'activation avec des acides comme l'acide chlorhydrique augmente la porosité par dissolution périphérique des smectites. Il en résulte un produit de haute capacité d'adsorption.

Elles sont utilisées pour des opérations de clarification ou de stabilisation protéique des moûts et des vins. Les bentonites fixent certaines protéines instables et permettent ainsi leur élimination. Les bentonites sont capables de fixer de la matière colorante. [102]

La bentonite dans des applications de génie civil, est employée traditionnellement comme agent thixotropique, de soutien et de lubrifiant dans des murs.

Les propriétés de l'adsorption/absorption de la bentonite sont très utiles pour la purification d'eau usagée. Les directives environnementales communes recommandent les bas sols de perméabilité, qui naturellement devraient contenir la bentonite, en tant qu'un matériel de cachetage dans la construction et de réadaptation des remblais pour assurer la protection des eaux souterraines contre les polluants.

Chapitre 04: Réutilisation des eaux usées épurées de la STEP et traités pour la culture du gazon

Une autre utilisation conventionnelle de bentonite, comme constituant de boue pour le forage de puits d'eau de pétrole.

En médecine, la bentonite est employée comme antidote dans l'empoisonnement de métal lourd.

Les catalyseurs Chimiques modifiés d'argile trouvent des applications dans une gamme diverse des fonctions où la catalyse acide est un mécanisme principal. De plus et en particulier, ils sont utilisés dans les processus d'alkylation pour produire des additifs de carburant.[104]

4.4 Protocole expérimentale

4.4.1 Matériel expérimental utilisé

Ce travail a été réalisé à partir du 18/05/2022, dans le laboratoire de Chimie de l'Institut de maintenance et sécurité industrielle (IMSI)

4.4.2 Application

Ce travail a été réalisé afin de traiter les eaux usées brutes et obtenir un meilleur résultat que le résultat obtenu lors de l'épuration faite au sein de la STEP de Bouzedjar pour utiliser l'eau traitée à des fins agricoles.

4.4.2.1 Description du procédé

4.4.2.1.1 Matériels et verreries utilisés

Becher - Ballon - Fiole Ballon à fond plat - Entonnoir – Balance - Agitateur - Verre de montre - Papier filtre - Fiole jaugée - Eprouvette gradué de 1 L - Erlenmeyer - Fiole à vide - Pissette d'eau distillé – Spatule - Capsule



Figure 4. 1 : Matériels et verreries utilisés



Figure 4. 2: Agitateur



Figure 4.3 : Papier filtre

4.4.2.2 Mode opératoire

Tout d'abord On a pris 3 prélèvements d'eau usées brutes d'une quantité de 6.5 L pour chaque prélèvement à partir de la station d'épuration de Bouzedjar avant de commencer le travail dans le laboratoire de l'institut qui a été fait tout le long du moi de mai et juin.

Premier prélèvement : 18 mai 2022

Traitement du premier prélèvement : le 18 mai et la filtration de l'eau : 21 mai

Deuxième prélèvement : 23 mai 2022

Traitement du deuxième prélèvement 23 mai et la filtration : 25 mai

Troisième et dernier prélèvement : 31 mai 2022

Traitement de la dernière quantité du prélèvement été fait le 31 mai et la filtration le 1 juin 2022

Remarque : chaque quantité d'eau de chaque prélèvement a subi le même processus de filtration et de traitement

4.4.2.2.1 Début du mode opératoire :

Les 6.5 L de chaque prélèvement ont été répartis sur trois Ballon à fond plat

4.4.2.2.1.1 -1ere partie : Préparation pour traitement ou la filtration de l'eau

Avant de commencer le travail on a rincé la verrerie avec l'eau distillé

1ere étape : Nous avons pris une quantité d'eau avec le bécher et on a commencé à remplir l'éprouvette gradué avec l'eau usée brute jusqu'à obtenir 2L pour chaque fiole ou ballon.



Figure 4. 4 : Remplissage de l'eau usée brute

2eme étape : nous avons remplis 2 ballons à fond plat et une fiole avec 2L d'eau usée brutes pour chaque ballon et fiole et on les a posés sur des agitateurs pour agitation.

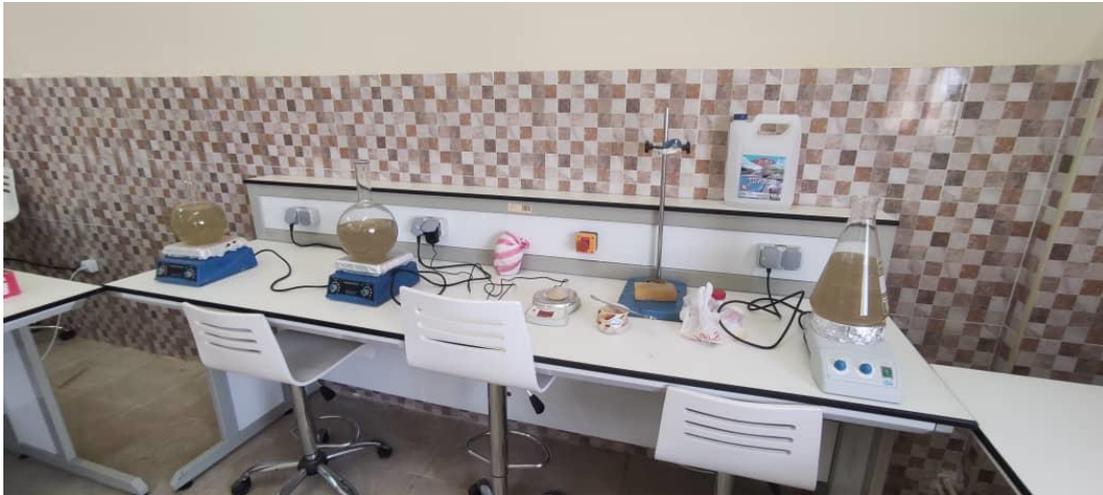


Figure 4. 5 : Préparation pour agitation

3eme étape : Ensuite, on a utilisé une balance, une spatule, capsule ou verre de montre et on a pesé une quantité de 25g d'argile pour chaque 2L d'eau.



Figure 4. 6 : Pesage de l'argile de bentonite

4eme et dernière étape : finalement, nous avons allumé les agitateurs et on a commencé à diffuser 25 g de l'argile sur chaque fiole ou ballon qui contient l'eau usée brute et on a déposé les verreries contenant de l'eau mélangé avec de l'argile sur l'agitateur pour agitation pendant plus que 24h.



Figure 4. 7 : Déversement de l'argile de bentonite dans les fioles



Figure 4. 8 : Début d'agitation du mélange de l'eau usée et l'argile

4.4.2.2.1.2 -2eme partie : Filtration de l'eau

1ere étape : dans un premier lieu, nous avons préparé 3 fioles jaugées et une éprouvette graduée qui ont été bien rincé avec de l'eau distillé

2eme étape : dans un second lieu, nous avons amené 4 entonnoirs et du papier filtre et on a placé ces derniers dans les fioles jaugées.



Figure 4. 9 : Exemple de préparation des filtres



Figure 4. 10 : Placement des filtres dans les fioles

3eme étape : Nous avons commencé a versé l'eau agité avec de l'argile dedans qui a été agité pour plus de 24 sur chaque filtre qui était placé sur l'entonnoir qui a été lui-même placé sur une fiole



Figure 4. 11: Début de la filtration du mélange



Figure 4. 12 : Le mélange en cours de filtration

4eme étape : Après avoir déversé toute la quantité d’eaux agitées, on a stocké l’eau filtré dans des bouteilles de plastique et on les a ajoutés dans un frigo.



Figure 4. 13 : Fin de filtration et stockage dans le frigo

4.4.2.2.1.3 -3^{ème} partie : Réutilisation des eaux usées filtrées

On a commencé cette partie du travail le 1 juin

1ere étape : Tout d’abord, nous avons ramené du gazon et de la motte de terre à partir de la station d’épuration de Bouzedjar (zone de Bouzedjar, Ain-temouchent).

Chapitre 04: Réutilisation des eaux usées épurées de la STEP et traités pour la culture du gazon

2eme étape : On a coupé quelques bouteilles d'eau pour obtenir des petits pots afin de mettre la motte de terre et les racines du gazon et le gazon plus âgé.

3eme étape : Ensuite, nous avons commencé à remplir les pots avec de la motte et les racines du gazon et du gazon plus âgé d'où on a 4 types d'eau a utilisé pour arroser 3 pots pour chaque échantillon

Nous avons devisé les échantillons sur 2 groupes :

Groupe 1 : motte de terre + gazon âgé

Groupe 2 : motte de terre + racine de gazon

4emeétape : On a utilisé 12 pots pour chaque groupe d'échantillons (24 pots en total), les 12 pots ont été devisés sur 4 petits groupes d'où chaque 3 pots ont été rincé par un type d'eau.

5eme étape : Après division, on a utilisé des petits pots de yaourt pour commencer à arroser chaque petit groupe de 3 pots par le type d'eau qui lui a été attribué.

4.4.2.2.1.4 -4eme partie : l'arrosage des pots

On a utilisé la même procédure pour rincer ou arroser les deux groupes :

Les pots du **groupe 1** : (motte de terre + gazon âgé)



Figure 4. 14 : Pots du groupe 1(motte de terre + gazon âgé)

Les pots du **groupe 2** (motte de terre + racine du gazon)



Figure 4. 15 : Pots du groupe 2 (Terre + racine de gazon seulement)

Les 3 pots premiers de chaque groupe (1 et 2) ont été arrosés par l'eau témoin (ou l'eau du robinet).

Les deuxièmes petits groupes de 3 pots de chaque groupe d'échantillons ont été arrosés par les eaux usées brutes de la station d'épuration de Bouzedjar.

3eme ligne des pots de chaque groupe, les 3 pots ont été arrosés par l'eau usée épurée par la station d'épuration de Bouzedjar.

Les 3 derniers pots de chaque groupe (1 et 2) ont été arrosés par l'eau traité ou filtré par nous dans le laboratoire de l'IMSI.

A la fin on a mis les pots devant le soleil et on a arrosé ces derniers avec l'eau tous les 4 jours.

Dans le mode opératoire, nous avons présenté et expliqué le procédé et son déroulement avec les étapes de chaque travail réalisé pour bien comprendre et discuter les résultats de la réutilisation des eaux usées épurées et traités à des fins agricoles

4.5 Résultats et discussions

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus après le traitement des eaux usées brutes et les résultats obtenus après la réutilisation de ces derniers pour l'arrosage du gazon.

4.5.1 Résultats de la filtration de l'eau

4.5.1.1 Résultats de la 1ere et 2eme partie de traitement et filtration des eaux usées

Après application méthode de traitement ou nous avons agité l'eau + argile pour plus de 24H et après la filtration du mix on a obtenu une eau bien traitée sans odeur et

avec une couleur presque transparente et non chargés des résidus et qui ne contient pas l'argile qui a été posé sur le filtre.

-Interprétation des résultats

Le résultat obtenu est dû au traitement chimique par filtration qui a été utilisé dans notre cas, c'est l'argile qui est responsable sur l'épuration de l'échantillon d'eau usées brute d'où tout élément indésirable a été éliminé avec l'argile filtré.

4.5.1.2 Résultats de la 3^{ème} partie de réutilisation des eaux usées épurés et traités à des fins agricoles

Après le traitement et la filtration on a utilisé l'eau obtenue pour arroser des pots contenant des nouvelles racines de gazon et d'autres pots qui contient de gazon plus âgé

Après l'arrosage continu au bout de quelques jours nous avons commencé à obtenir un résultat positif.

Pour le groupe 1 (motte de terre + gazon âgés) :

Nous avons constaté le changement de couleur de gazon dans tous les 12 pots de chaque type d'eau d'où la couleur a changé du vert vers jaune alors le gazon est presque mort.



Figure 4. 16 : Résultats des pots du groupe 1

Groupe 2 (motte de terre + racine de gazon) :

Nous avons constaté la naissance de nouvelle germes ou feuilles de gazon pour chaque pot mais la naissance se diffèrent d'un type d'eau a autres ou on a vu que les pots de l'eau traité par l'argile filtré ont donné plus de résultats ou plus de germe de gazon avec une couleur verte comparés aux autres types d'eau utilisés



Figure 4. 17 : Résultats des pots du groupe 2

4.5.2 Interprétations des résultats

Groupe 1

Le résultat obtenu pour le gazon mort est dû au changement d'habitat de la plante pour tout type d'eau, et l'absence de soleil.

Groupe 2

Comme constater dans les résultats l'eau traité à donner de résultats positive meilleur que les autres pots avec d'autres type d'eau et surtout beaucoup mieux que l'eau épuré par la station d'épuration d'où les racines de gazon ont bien poussé à des feuilles de gazon à cause du traitement utilisé parce que l'eau était bien épuré et filtré que l'eau épuré par la station elle-même, alors le traitement établie avec l'agrile a bien bénéficier les pots d'eau traité ou filtré qui a poussé le gazon a mieux grandir que les autres pots, non seulement que l'eau a été bien filtré et contient des nutriments qui favorisent la poussé des germes de gazon.

Chapitre 04: Réutilisation des eaux usées épurées de la STEP et traités pour la culture du gazon

Ce résultat peut être dû à la composition ou caractéristique de l'argile aussi, l'argile de bentonite porte une forte charge négative qui se lie à la charge positive présente dans de nombreuses toxines. Quand elle entre en contact avec une toxine, qu'elle soit chimique ou que ce soit des métaux lourds, l'argile va absorber la toxine.

Elle libère ses minéraux dans le corps qui peut alors en bénéficier. La bentonite aide également à alimenter les cellules en oxygène. Car elle absorbe l'excès d'hydrogène et permet ainsi aux cellules de le remplacer par de l'oxygène.

L'argile bentonite a une forte concentration en minéraux, dont la silice, le calcium, le magnésium, le sodium, le fer et le potassium.

Les résultats confirment les avantages de l'argile bentonite et donne un rendement meilleur que celui de la STEP. Elle remplace efficacement de nombreux produits chimiques en viticulture.

Les avantages sont :

- L'argile bentonite : lutte contre les parasites (agit comme répulsif contre les ravageurs)
- Elle a la capacité d'échange cationique du sol (CEC) et aussi capte et séquestre des molécules simples et complexes
- L'amélioration de la rétention en eau (l'amendement des sols avec la bentonite agit sur l'hygrométrie et permet de diminuer la perméabilité des sols) (article scientifique l'argile Bentonite pour les vignes 11 octobre 2021)

Conclusion :

D'après les résultats de travail effectué et les figures, on constate que les plantes irriguées par l'eau traitée sont de grand nombre par rapport aux plantes irriguées par l'eau épurée de la STEP et l'eau usée brute et l'eau témoin de robinet.

Grâce à cette étude, nous avons découvert que la matière organique est le facteur le plus efficace de croissance dense dans une période rapide de plante dans notre cas la plante de gazon.

Ce Chapitre consiste, à travers un essai d'irrigation des pots, à faire une étude comparative entre les pots, chacune irriguée par une eau spécifique, Une analyse de résultats suit l'expérience concernant le développement des racines, les feuilles, l'influence des caractéristiques de l'eau sur ce développement.

Les résultats obtenus nous a aider à donner plus d'importance à l'eau usée épuré et traité et sa réutilisation comme ressource pour des fins bien déterminés dans notre cas d'étude l'irrigation ou implantation du gazon

D'après ce chapitre on recommande la réutilisation des eaux usées épurées parce qu'elle est considérée comme une méthode de réduire les pénuries d'eau, en particulier dans l'activité agricole. L'organisation mondiale de la santé et la République algérienne a

adopté des règles pour réutilisation les eaux usées notamment en agriculture pour une protection de l'environnement et en même temps assurer la sécurité des consommateurs.

La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole ; en irrigation sans respecter les normes de l'OMS et JORA peut avoir des conséquences négative sur la santé des consommateurs et des agriculteurs qui sont en contact avec ces eaux sanitaires. L'environnement peut également être touché par les eaux usées traités qui ne sont pas dans les normes comme les ressources hydriques superficielles et souterraines.

Grace aux résultats obtenues et le travail effectuer dans ce chapitre on peut dire que les eaux usées peuvent être très fiables dans le domaine d'irrigation après l'application de traitement adéquat d'où on a pu prouver l'importance de l'irrigation en utilisant une eau traité par l'argile de bentonite qui peut être utilisé comme un traitement complémentaire pour obtenir des meilleurs résultats lors de traitement d'épuration et dans l'irrigation des cultures agricoles.

CHAPITRE05 : Système de management et performance environnementale de la Station d'épuration de Bouzedjar

INTRODUCTION

Des organismes de tous types cherchent de plus en plus à atteindre et à démontrer un bon niveau de performance environnementale, en maîtrisant les impacts de leurs activités, produits et services sur l'environnement, en cohérence avec leur politique environnementale et leurs objectifs environnementaux. Ces préoccupations s'inscrivent dans le contexte d'une législation de plus en plus stricte du développement de politiques économiques et d'autres mesures destinées à encourager la protection de l'environnement, et d'un souci croissant exprimé par les parties intéressées pour les questions relatives à l'environnement et au développement durable.

De nombreux organismes ont entrepris des analyses environnementales ou des audits environnementaux afin d'évaluer leur performance environnementale. Néanmoins, ces analyses et ces audits peuvent n'être pas suffisants pour fournir à un organisme l'assurance que sa performance non seulement satisfaite, mais continuera à satisfaire, aux exigences légales et à celle de sa politique. Pour être efficace ils ont besoin d'être menés dans le cadre d'un système de management structuré et intégré dans l'organisme.

Dans ce chapitre, nous allons proposer un SME (système de management environnemental) pour la station d'épuration de Bouzedjar, se dernier va être basé sur des visites et des audits faites récemment dans la station dans le but d'améliorer le rendement et la performance de la STEP d'un coté, assurer la protection, le bien être des employés et protéger les biens, le matériel et l'environnement.

5.1 ISO en général

L'ISO est l'Organisation internationale de normalisation. Les 160 membres qui la composent sont les instituts nationaux de normalisation de pays grands et petits, industrialisés, en développement et en transition, dans toutes les régions du monde. La collection de l'ISO compte actuellement plus de 18 000 normes, qui représentent des outils concrets pour les trois volets – économique, environnemental et sociétal – du développement durable.



Figure 5. 1 : Logo de l'organisation internationale de normalisation

Les normes ISO apportent pour le monde économique, les gouvernements et la société dans son ensemble une contribution positive au monde dans lequel nous vivons. Elles garantissent des aspects essentiels : qualité, écologie, sûreté, économie, fiabilité, compatibilité, interopérabilité, conformité, efficacité et efficience. Elles facilitent le commerce, favorisent le partage des connaissances et contribuent à la diffusion du progrès technologique et des bonnes pratiques de management [105].

L'ISO n'élabore que des normes requises par le marché. Les travaux sont menés à bien par des experts mis à disposition par les secteurs de l'industrie, de la technique et de l'économie qui ont demandé les normes pour les appliquer. A ces experts peuvent s'adjoindre d'autres spécialistes représentants des organismes gouvernementaux, des laboratoires d'essais, des groupements de consommateurs, des milieux universitaires, et des organisations non gouvernementales ou d'autres organisations de parties prenantes spécifiquement intéressées par les questions traitées [106].

Publiées sous la désignation de Normes internationales, les normes ISO représentent un consensus international sur l'état le plus avancé des technologies ou des bonnes pratiques étudiées [105].

5.1.1 Définition d'une norme

Les Normes internationales sont des rouages indispensables. Elles établissent des spécifications de premier ordre pour les produits, les services et les systèmes dans une optique de qualité, de sécurité et d'efficacité. Elles jouent un rôle prépondérant pour faciliter le commerce international [107].

L'ISO a publié plus de 21607 Normes internationales et publications associées qui couvrent la quasi-totalité des secteurs de l'industrie – des technologies à la sécurité des denrées alimentaires, et de l'agriculture à la santé. Les Normes internationales de l'ISO ont un impact partout, pour tous [105].

5.1.2 Processus d'élaboration d'une norme

À l'image de l'exécution d'une symphonie, l'élaboration d'une norme repose sur la collaboration d'une multitude de personnes. Le rôle de l'ISO s'apparente à celui du chef d'orchestre, tandis que les experts techniques indépendants – les instrumentistes – forment l'orchestre.

Les experts constituent un comité technique responsable d'un domaine donné. Le processus débute par l'élaboration d'un projet répondant à un besoin spécifique du marché. Ce projet est ensuite diffusé en vue de recueillir des observations, puis examiné de manière approfondie.

Le processus de vote est la clé du consensus. Lorsque ce dernier est atteint, le projet est en bonne voie pour devenir une norme ISO. En l'absence d'accord, le projet est alors modifié et soumis à un nouveau vote. De la soumission d'une première proposition à la publication finale, l'élaboration d'une norme s'étend généralement sur trois ans [107]. Pour élaborer une norme l'organisme ISO repose sur les principes suivants :

- Les normes ISO répondent à un besoin du marché : il n'appartient pas à l'ISO de lancer l'élaboration d'une nouvelle norme. L'ISO répond à une demande exprimée par l'industrie ou d'autres parties prenantes comme les associations de consommateurs. En règle générale, un secteur ou un groupe signale l'intérêt d'une norme au membre de l'ISO pour son pays, qui en fait alors part à l'ISO.
- Les normes ISO sont fondées sur une expertise mondiale : les normes ISO sont élaborées par des groupes d'experts venant du monde entier, qui forment des groupes plus grands dites comités techniques. Ces experts négocient les normes dans leurs moindres détails, y compris leur champ d'application, leurs définitions clés et leur contenu.
- Les normes ISO sont le fruit d'un processus multipartite : les comités techniques sont constitués des experts des industries concernées, mais aussi des représentants d'associations de consommateurs, des milieux universitaires, des ONG et des gouvernements.
- Les normes ISO se fondent sur un consensus : l'élaboration des normes ISO s'inscrit dans une démarche consensuelle et les observations des parties prenantes sont prises en compte

5.1.3 Qui élabore les normes ISO

L'ISO a constitué des groupes d'experts qui représentent tous les secteurs possibles et imaginables. Il existe ainsi plus de 250 comités techniques (TC).

Les membres de l'ISO peuvent décider de prendre ou non part aux travaux d'un TC, ainsi que de leur niveau d'implication. Les membres (O) peuvent observer les normes en cours d'élaboration, soumettre des commentaires et fournir des conseils. Les membres (P) participent de manière active en votant aux différents stades de l'élaboration d'une norme.

Dans la plupart des cas, les travaux des experts qui élaborent les normes ISO portent sur le domaine concerné. Ils en ont une connaissance approfondie, mais ne sont pas pour autant des théoriciens isolés. Ils comprennent et anticipent les enjeux de leur secteur. La normalisation est pour eux un outil permettant d'établir des règles du jeu équitables, profitables à tous [107].

5.1.4 Avantages des Normes internationales

L'ISO a été fondée dans l'optique d'apporter une réponse à une préoccupation majeure avant d'entreprendre toute activité : « quelle est la meilleure façon de procéder ? ». La conformité aux Normes internationales représente un gage de confiance pour les consommateurs que les produits et services sont sûrs, fiables et de bonne qualité. Les normes ISO sur la sécurité routière, la sécurité des jouets et la sécurité des matériaux d'emballage pour médicaments ne sont qu'un échantillon des normes qui aident à rendre le monde plus sûr [105].

Pour l'industrie :

- Compétitivité accrue avec une offre de produits et services acceptés dans le monde entier.
- Accès facilité à de nouveaux marchés.
- Marge bénéficiaire supérieure avec des produits de meilleure qualité, plus compatibles et plus sûrs.
- Réduction des coûts car il est inutile de réinventer la roue, et meilleur usage des ressources disponibles.
- Mise à profit des connaissances et des meilleures pratiques des experts mondiaux de premier plan.

Pour les autorités de réglementation :

- Harmonisation des réglementations entre les pays pour dynamiser le commerce mondial.
- Crédibilité et confiance accrues tout au long de la chaîne logistique.
- Externalisation et spécialisation plus faciles pour les pays.

Dans les deux cas:

- Choix plus large de produits et services fiables à des prix compétitifs.
- Meilleures pratiques et actions concertées au niveau organisationnel pour aborder concrètement des enjeux mondiaux comme le changement climatique et le développement durable.

5.1.5 Normes de systèmes de management

Les systèmes de management permettent aux organismes de mettre en œuvre une démarche structurée dans leurs activités afin d'atteindre leurs objectifs.

Dans certains organismes, en particulier les petites entreprises, les employés savent tous comment faire leur travail. Mais dans tout secteur d'activité, quelle qu'en soit la taille, il est très utile de disposer de procédures correctement documentées pour s'assurer que chacun connaît bien son rôle. Ce processus qui vise à systématiser les modes opératoires à suivre constitue ce que l'on appelle un système de management [107].

5.1.5.1 ISO 9000 Management de la qualité

La famille ISO 9000 couvre les divers aspects du management de la qualité et comprend certaines des normes les plus connues de l'ISO. Elles offrent des lignes directrices et des outils aux entreprises et aux organismes qui veulent que leurs produits et services soient constamment en phase avec ce que leurs clients demandent et que la qualité ne cesse de s'améliorer [106].

ISO 9001 :2015 définit les critères pour un système de management. Il s'agit de la seule norme de cette famille à pouvoir être utilisée pour la certification (mais ce n'est pas une obligation). Toute organisation, grande ou petite, quel que soit son domaine d'activité, peut l'utiliser. De fait, plus d'un million d'entreprises et organismes dans plus

de 170 pays appliquent ISO 9001 :2015. Cette norme repose sur un certain nombre de principes de management de la qualité, notamment une forte orientation client, la motivation et l'engagement de la direction, l'approche processus et l'amélioration continue.

ISO 9001 :2015 aides à s'assurer que les clients obtiennent des produits et services uniformes et de bonne qualité, avec, en retour, de belles retombées commerciales [106].

5.1.5.2 ISO 45001 Santé et sécurité au travail

Chaque jour, plus de 6 300 personnes perdent la vie des suites d'un accident du travail ou d'une maladie professionnelle – soit plus de 2,3 millions de décès par an.

Compte tenu des pertes liées aux retraites anticipées, à l'absentéisme et à la hausse des primes d'assurance qui en découlent, les maladies ou accidents liés au travail représentent un fardeau important pour les employeurs comme pour l'économie au sens large [106].

L'ISO a élaboré une nouvelle norme – ISO 45001 – relative aux systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail dans le but d'alléger cette contrainte pour les organisations, en établissant un cadre de référence pour l'amélioration de la sécurité des travailleurs, la réduction des risques sur le lieu de travail et la création de conditions de travail meilleures et plus sûres dans le monde entier [107].

5.1.5.3 ISO 50001 Management de l'énergie

Une gestion efficace de l'énergie aide les organismes à réaliser des économies, à réduire leur consommation d'énergie et à faire face au réchauffement climatique.

ISO 50001 guides les organismes, quel que soit leur secteur d'activité, dans la mise en œuvre d'un système de management de l'énergie qui leur permettra de faire un meilleur usage de l'énergie.

ISO 50001 se fonde sur l'amélioration continue – un modèle de système de management que l'on retrouve dans d'autres normes bien connues, dont ISO 9001 et ISO 14001. Ainsi, il est plus facile pour un organisme, d'intégrer le management de l'énergie à l'ensemble des efforts qu'il met en œuvre pour améliorer son management de la qualité et son management environnemental.

ISO 50001 :2011 définit un cadre d'exigences pour que les organismes puissent [107] :

- Élaborer une politique pour une utilisation plus efficace de l'énergie
- Fixer des cibles et des objectifs pour mettre en œuvre la politique
- S'appuyer sur des données pour mieux cerner l'usage et la consommation énergétiques et prendre des décisions y relatives
- Mesurer les résultats
- Examiner l'efficacité de la politique
- Améliorer en continu le management de l'énergie.

5.1.5.4 ISO 22000 Management de la sécurité des denrées alimentaires

La famille ISO 22000 de Normes internationales traite du management de la sécurité des denrées alimentaires.

Les produits alimentaires dangereux peuvent avoir des conséquences graves et le management de la sécurité des denrées alimentaires aide les organismes à identifier et à maîtriser les dangers liés à cette sécurité.

Alors qu'aujourd'hui bon nombre des produits alimentaires franchissent régulièrement les frontières nationales, des Normes internationales sont indispensables pour garantir la sécurité des chaînes mondiales d'approvisionnement en denrées alimentaires [106].

ISO 22000 :2005 définit les exigences relatives à un système de management de la sécurité des denrées alimentaires dont la conformité à la norme peut être certifiée. Elle explique les moyens qu'un organisme doit mettre en œuvre pour démontrer son aptitude à maîtriser les dangers liés cette sécurité afin de garantir que toute denrée alimentaire est sûre [107].

5.1.5.5 ISO 14000 Management environnemental

Dans le domaine de l'environnement, pour répondre aux besoins de toutes les parties prenantes – entreprises commerciales, industrie, gouvernements, organisations non gouvernementales et consommateurs – l'ISO a élaboré des normes qui aident les organisations à adopter une approche proactive de la gestion des questions environnementales: la famille ISO 14000 des normes relatives au management environnemental, applicables dans tout type d'organisme public ou privé (entreprises, administrations, services publics) [108].

La famille de normes ISO 14000 donne des outils pratiques aux entreprises et aux organisations de tous types qui souhaitent maîtriser leurs responsabilités environnementales.

ISO 14001 :2015 et ses normes connexes comme ISO 14006 :2011 se concentrent sur les systèmes de management environnemental dans cette optique. Les autres normes de la famille traitent d'aspects spécifiques tels que l'audit, la communication, l'étiquetage et l'analyse du cycle de vie, ainsi que des enjeux environnementaux ayant une incidence sur le changement climatique [108].

5.2 Présentation de la norme ISO 14001

La norme ISO 14001 est une norme internationalement reconnue qui établit les exigences relatives à un système de management environnemental. Elle aide les organismes à améliorer leur performance environnementale grâce à une utilisation plus rationnelle des ressources et à la réduction des déchets, gagnant, par là même, un avantage concurrentiel et la confiance des parties prenantes.

La norme internationale ISO 14001 de management environnemental a pour objet de fournir aux organismes les éléments d'un système efficace de management environnemental, ces éléments peuvent être intégrés à d'autres exigences légales et les informations relatives aux aspects environnementaux significatifs [109]. Un système de management environnemental aide les organismes à identifier, gérer, surveiller et maîtriser leurs questions environnementales dans une perspective « holistique ».

D'autres normes de l'ISO portant sur différents types de systèmes de management, comme ISO 9001 sur le management de la qualité et ISO 45001 sur le management de la santé et de la sécurité au travail, utilisent toutes la même structure-cadre. ISO 14001 peut donc être aisément intégrée au sein d'un système de management ISO existant.

ISO 14001 s'adresse aux organismes de tous types et de toutes tailles, qu'ils soient privés, sans but lucratif ou publics. Elle prévoit qu'un organisme doit envisager toutes les questions environnementales liées à ses opérations, telles que la pollution atmosphérique, la gestion de l'eau et des eaux usées, la gestion des déchets, la contamination du sol, l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation, et l'utilisation efficace des ressources [108].

Le succès du système est lié à l'engagement de tous les niveaux et fonctions de l'organisme, et plus particulièrement du niveau le plus élevé de la direction. Un système de ce type permet à un organisme de développer une politique environnementale, d'établir des objectifs et processus pour respecter les engagements de sa politique, de prendre les actions nécessaires pour améliorer sa performance et de démontrer la conformité du système aux exigences de la présente norme internationale. L'objectif global de cette norme est d'équilibrer la protection de l'environnement et la prévention de la pollution avec les besoins socioéconomiques. Il convient de noter que l'on peut aborder simultanément plusieurs de ces exigences ou y revenir à n'importe quel moment [110].

Comme toutes les normes de systèmes de management de l'ISO, ISO 14001 inclut la nécessité de s'inscrire dans une dynamique d'amélioration continue des systèmes et de la démarche des organismes pour aborder les questions environnementales [111].

5.2.1 Le Principe d'amélioration continue

Une entreprise, face à la concurrence, doit établir une stratégie qui lui permettra de générer de meilleures prestations (produits ou services) plus rapidement et à moindre coût [106]. Le système de management de l'environnement est bâti sur un principe dit d'amélioration continue, dont le processus est représenté par la roue de Deming (Figure 7). Cette roue représente le cycle PDCA, qui signifie to plan, to do, to check et to act, soit en français planifier, réaliser, contrôler et agir [111].

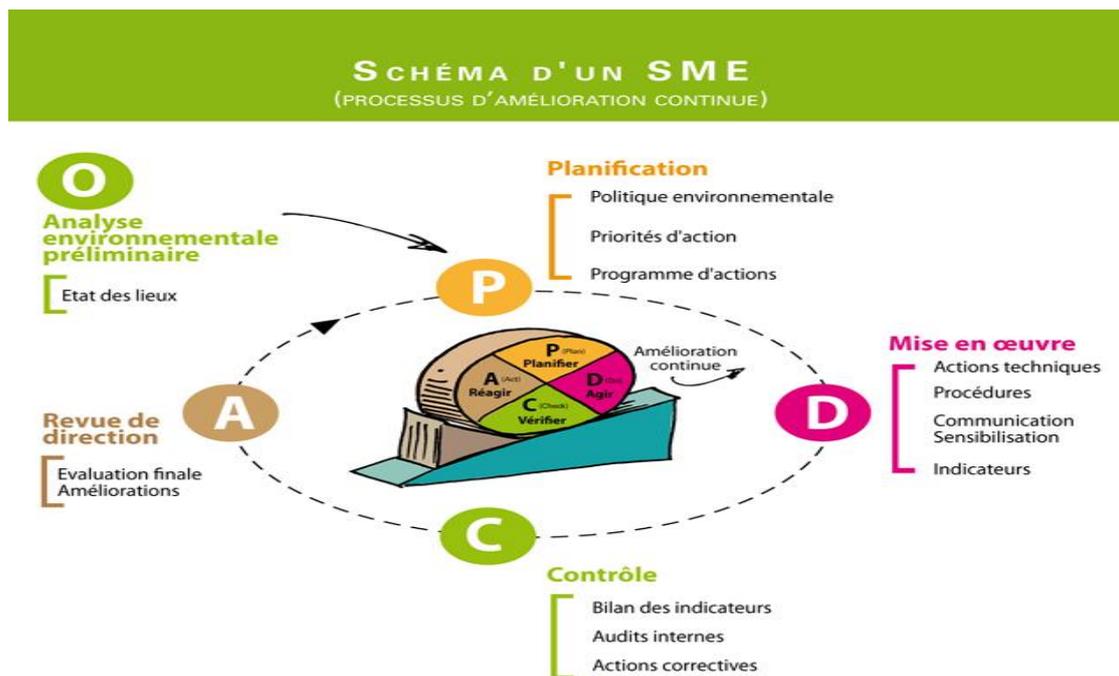


Figure 5. 2 : La roue de Deming de la norme ISO 14001

La norme ISO 14001 définit l'amélioration continue comme un « processus récurrent d'enrichissement afin d'obtenir des améliorations de la performance globale en cohérence avec la politique de l'organisme. » [106].

La première étape « Plan » consiste à planifier la réalisation, à savoir rédiger les cahiers des charges et établir le planning des actions à mettre en place dans le but de répondre aux principales exigences du référentiel choisi.

La deuxième étape « Do » représente la construction à proprement parler du système de management. S'agissant d'une boucle d'amélioration continue, le système entre alors dans la phase « Check », c'est-à-dire de contrôle. Durant cette étape, les indicateurs sont utilisés afin de vérifier que le système tel qu'il a été bâti (étape D) est bien conforme aux prévisions initiales (étape P). C'est en analysant les résultats de ces contrôles lors d'une revue de direction que seront décidées les actions à mettre en place lors de l'étape « Act ». Le but étant, soit d'améliorer le système si les objectifs de départ sont atteints, soit de corriger les éventuels écarts constatés. Ces actions, une fois validées, seront ensuite planifiées dans une nouvelle étape « Plan » qui entrainera une nouvelle boucle d'amélioration [111].

Toute entreprise qui veut être performante doit répondre à des objectifs de résultats et de moyens. Le cycle PDCA permet de les atteindre parfaitement car il est inutile de déployer une politique sans en mesurer l'efficacité [110].

5.2.2 Domaines d'application de la norme

La norme spécifie les exigences relatives à un système de management environnemental permettant à un organisme de développer et de mettre en œuvre une politique et des objectifs, qui prennent en compte les exigences légales et les autres

exigences auxquelles l'organisme a souscrit et les informations relatives aux aspects environnementaux significatifs. Elle s'applique aux aspects environnementaux que l'organisme a identifiés comme étant ceux qu'il a les moyens de maîtriser et ceux sur lesquels il a les moyens d'avoir une influence. Elle n'instaure pas en elle-même des critères spécifiques de performance environnementale.

La norme est applicable à tout organisme qui souhaite [112] :

Etablir, mettre en œuvre, tenir à jour et améliorer un système de management environnemental.

- 1- S'assurer de sa conformité avec sa politique environnementale établie,
- 2- Démontrer sa conformité à la norme internationale en :
 - a- Réalisant une autoévaluation et une auto déclaration,
 - b- Recherchant la confirmation de sa conformité par des parties ayant un intérêt pour l'organisme, telles que les clients,
 - c- Recherchant la confirmation de son auto déclaration par une partie externe à l'organisme,
 - d- Recherchant la certification/enregistrement de son système de management environnemental par un organisme externe.

Toutes les exigences de cette norme sont destinées à être intégrées dans n'importe quel système de management environnemental. Le degré d'application dépend de divers facteurs, tels que la politique environnementale de l'organisme, la nature de ses activités, produits et services, et sa localisation et les conditions dans lesquelles il fonctionne [112].

5.2.3 Exigences générales

Le Management Environnemental est un engagement volontaire visant la mise en place d'une organisation apte à identifier et à maîtriser les impacts de l'activité de l'entreprise et d'en réduire les nuisances sur l'environnement dans lequel elle évolue [113].

Le système de management environnemental décrit dans notre manuscrit répond aux exigences de la norme ISO 14001. L'objectif visé par la mise en place de ce système est d'améliorer l'intégration de l'entreprise dans son environnement en respectant la spécificité de ses activités et surtout en évitant toute dégradation ou nuisance irréversible de l'environnement dans un esprit de durabilité et d'amélioration continue [111]. Il s'applique au périmètre de certification incluant au sein de la station de la wilaya de Bouzedjar les activités suivantes [113]:

- La protection des écosystèmes aquatiques par l'épuration des eaux usées domestiques,
- La gestion et l'exploitation du système d'assainissement,
- Prestations au profit de tiers d'analyses physico chimiques,
- Contrôle de la qualité des eaux à l'entrée de la station et à sa sortie en procédant à des analyses physico-chimiques (vers le milieu récepteur),

- Maîtrise de la gestion des déchets de boues issues du processus d'épuration biologique des eaux usées,
- Maîtrise de la consommation de l'énergie sous toutes ces formes, Gestion rationnelle des consommables.

L'organisation de ce système s'articule autour de deux axes principaux, à savoir :

- Une structure documentaire de type pyramidal (procédures, instructions de travail, règles de bonnes pratiques...),
- Une structure opérationnelle composée de moyens humains ; moyens financiers et de moyens techniques.

Ainsi, la norme internationale ISO 14001 constitue la référence première qui formalise et explique le principe de fonctionnement et l'organisation du système en question [112].

5.2.4 Famille de la norme 14001

La norme ISO 14001 est la plus largement reconnue dans le monde pour les systèmes de management environnemental (SME). Elle aide les entreprises à la fois à mieux gérer l'impact de leurs activités sur leur environnement et à démontrer une gestion environnementale saine.

Plus de la moitié des 160 membres nationaux de l'ISO ont adopté l'ISO 14001 comme norme nationale. Son application est encouragée par les pouvoirs publics dans le monde entier. La certification de conformité à ISO 14001 n'est pas une exigence de la norme, pourtant, à la fin 2007, 154 572 certificats étaient dénombrés dans 148 pays et économies [105].

Une norme complémentaire, ISO 14004, fournit des lignes directrices et des explications utiles pour l'application d'ISO 14001. Les audits environnementaux sont des outils importants pour évaluer si un SME est mis en place et tenu à jour de manière appropriée. La norme relative à l'audit, ISO 19011, est utile tant pour les audits de SME que les systèmes de management de la qualité. Elle fournit des lignes directrices sur les principes de l'audit, les programmes de gestion des audits, la conduite des audits et la compétence des auditeurs [108].

ISO 14031 donne des lignes directrices sur l'évaluation de la performance environnementale. La norme spécifie un choix d'indicateurs de performance permettant à l'entreprise ou l'organisation d'évaluer sa performance en fonction de critères définis par la direction. L'information peut servir de base pour établir en interne et en externe des rapports sur la performance environnementale. La communication sur les aspects environnementaux des produits et services est un facteur important permettant d'exploiter les forces du marché pour influencer un processus d'amélioration au niveau environnemental. Les consommateurs ont besoin d'informations fiables et précises pour appuyer leurs décisions d'achats [106].

La série ISO 14020 concerne une série d'approches différentes des étiquettes et déclarations environnementales, y compris les écolabels, les autos déclarations environnementales, et les informations environnementales chiffrées sur les produits et les services.

ISO 14001 ne concerne pas seulement les aspects environnementaux des processus de l'organisation, elle s'intéresse également à ceux de ses produits et services. L'ISO/TC 207 a élaboré des outils complémentaires pour aider à traiter ce type d'aspects. L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil pour identifier et évaluer les aspects environnementaux des produits et services « du berceau à la tombe » (des ressources d'entrée à la mise au rebut du produit et aux déchets occasionnés).

ISO 14040 donne des lignes directrices sur les principes et la conduite de l'analyse du cycle de vie qui permet à l'entreprise de déceler comment réduire l'impact d'ensemble de ses produits et services sur l'environnement [108].

La norme ISO 14064, parties 1, 2 et 3 concerne la quantification et la vérification des gaz à effet de serre (GES). Elle spécifie un ensemble clair et vérifiable d'exigences pour aider les entreprises et les auteurs de projets à réduire les émissions de GES. ISO 14065 complète cette norme en établissant les exigences en vue de l'accréditation ou d'autres formes de reconnaissance des organismes procédant à des validations et des vérifications des GES à l'aide d'ISO 14064 ou d'autres normes ou spécifications pertinentes.

La norme ISO 14063 donne des lignes directrices et des exemples concernant la communication sur le management environnemental et aide les entreprises à établir des liens importants avec les parties prenantes externes [106].

Le Guide ISO 64 explique comment traiter les questions environnementales dans les normes de produit. Destinées en premier lieu aux rédacteurs de normes, les recommandations qui y figurent sont également utiles pour les concepteurs et les fabricants [108].

5.2.5 Pourquoi choisir la norme ISO 14001 ?

Plusieurs raisons peuvent motiver une entreprise ou un organisme à adopter une démarche stratégique en vue d'améliorer sa performance environnementale et à être conforme à la norme ISO 14001, voici une synthèse des principales motivations qui incitent les entreprises à se lancer dans la démarche [114].

Pour répondre aux exigences des clients, pour avoir un avantage concurrentiel et gagner des parts de marché : En général, les organismes se lancent dans la mise en place d'un tel système suite aux pressions des clients et des donneurs d'ordre. C'est un des moteurs principaux de la mise en place d'un SME dans une entreprise. Les clients et les donneurs d'ordre sont de plus en plus sévères en matière d'environnement. Comme pour l'ISO 9000, c'est l'effet "boule de neige" : les grandes entreprises certifiées ou enregistrées exigent la certification de leur sous-traitant et de leurs fournisseurs. La certification ISO

14001 fait désormais partie des critères de sélection des fournisseurs et sous-traitants [113].

Pour répondre à la pression du groupe : Pour les sociétés qui font partie d'un groupe, la "pression" vient généralement de celui-ci. Le groupe "recommande" aux diverses filiales de mettre en place un Système de Management Environnemental, bien souvent dans un délai fixé.

Pour éviter les amendes réglementaires et gagner la confiance des autorités : La réglementation environnementale devient de plus en plus complexe et vaste. La mise en place d'un SME au sein d'un organisme devrait permettre une meilleure gestion des aspects législatifs. Le SME devrait aussi permettre d'éviter les amendes dues aux infractions réglementaires [113]. Beaucoup d'entreprises se lancent également dans la démarche en espérant obtenir une simplification des démarches administratives et en vue de gagner la confiance des autorités.

Pour faire des économies sur les consommations d'eau, d'énergie et de matières premières. Pour payer moins de taxes : La première étape de la mise en place d'un SME consiste à faire l'état de la situation. Il s'agit d'une étude systématique des divers flux de l'entreprise (eau, énergie, matière première...). Dans plusieurs entreprises, cette analyse pointue de la situation a permis de déceler des problèmes, des gaspillages, des fuites. Cet état de la situation débouche souvent sur [115].

Ces économies ou « non dépenses » varieront, notamment, en fonction du secteur d'activité et la taille de l'entreprise, de son degré de sensibilité environnementale avant l'analyse [115].

La mise en place de programmes d'économies (d'énergie, d'eau, ...),

Une meilleure maîtrise des consommations de matières premières (optimisation de l'utilisation des matières premières, réutilisation et recyclage de certains produits...),

La réduction des taxes et du volume de déchets produits.

Pour maîtriser les risques environnementaux de l'entreprise et gagner la confiance des assureurs et des banques : Les accidents environnementaux coûtent souvent chers. La mise en place d'un SME devrait permettre d'éviter de nouveaux accidents en prenant des mesures préventives ou en empêchant l'extension du problème s'il a lieu. Les assureurs et les banques s'intéressent également à la situation environnementale des entreprises avec lesquelles ils élaborent des contrats. Les banques s'interrogent également sur la politique environnementale des entreprises avant d'octroyer un prêt. Une certification ISO 14001 devrait faciliter l'octroi du prêt [114].

Pour améliorer les relations de voisinage et l'image de marque de l'entreprise auprès de l'opinion publique : Il est de plus en plus difficile pour certain type d'activité de s'installer. Les riverains se rassemblent en comité et communiquent leur mécontentement aux autorités. Il en découle bien souvent des difficultés administratives pour l'octroi des permis ou autorisations....De plus, d'une manière générale, la sensibilité

environnementale de la population a cru fortement ces dernières années suite aux grands problèmes environnementaux (accidents, pollutions, crise de la dioxine...). Les entreprises qui peuvent justifier auprès des riverains et de l'opinion publique d'une politique environnementale proactive et volontariste devraient gagner en image de marque et en bonne relation de voisinage [113].

Pour améliorer les conditions de travail et impliquer le personnel dans un projet fédérateur Pour le personnel de l'entreprise, la mise en place du SME constitue [113]:

Une possibilité d'amélioration des conditions de travail (atelier propre.) et de la sécurité (stockage des produits...),

Une opportunité d'être impliqué dans un projet d'entreprise.

5.3 Présentation de l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA)

Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement, l'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial (E.P.I.C), créé par décret exécutif n° : 01-102 du 21 Avril 2001.

5.3.1 Activités de l'ONA

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique national de l'assainissement, l'Office National de l'Assainissement est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction des ouvrages et des infrastructures d'assainissement. Ainsi, il assure:

- La protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique.
- La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique.
- La préservation de la santé publique.

L'ONA assure également pour le compte de l'Etat, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation de réhabilitation, de diagnostics des stations d'épuration, des réseaux d'assainissement et de collecte de l'eau pluviale ainsi que des stations de relevage [116].

5.3.2 Développement durable au niveau de l'ONA

L'ONA s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement conformément à la norme internationale ISO 14001 Version 2004 depuis Décembre 2007, cette démarche volontaire a été couronnée par une certification selon le référentiel cité ci-dessus, du périmètre suivant :

- Siège de la Zone d'Alger,
- Système d'assainissement de la ville de Bouira,
- Système d'assainissement de la ville de Boumerdes,
- Système d'assainissement de Bougaa/Hammam Guergour, (Wilaya de Setif),
- Système d'assainissement de la ville de Tizi-Ouzou,

- Système d'assainissement de la ville de Tlemcen,
- Système d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbas,
- Système d'assainissement de la ville de Zemmouri

Cette distinction demeure la première en son genre à l'échelle nationale et Africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement. Elle a été décernée par le bureau international Allemand accrédité « TÜV Rheinland » [116].

5.3.3 Motivation de l'intégration du SME

La première raison qui a poussé l'ONA à s'engager dans une démarche de management de l'environnement est liée à trois enjeux principaux à savoir :

Financiers

Qui consistent à réduire la consommation des matières premières et d'énergie, dont le prix est non négligeable,

Réglementaires

Pour se conformer à la réglementation environnementale en vigueur en Algérie et réduire les non-conformités environnementales afin de réduire les redevances et les taxes importantes qu'elles engendrent,

Avantage commercial

Afin d'améliorer l'image de l'entreprise et de gagner la confiance des citoyens.

La deuxième raison qui est d'ordre générale s'intéresse tout simplement au développement durable, c'est-à-dire, satisfaire les besoins des générations présentes sans compromettre celle du futur. [116].

5.4 Mise en place du SME

La mise en place du SME au sein de la STEP de Bouzedjar peut être faite à travers deux démarches : tout d'abord la démarche nationale pour se conformer à la réglementation environnementale algérienne. Ensuite, après la conformité à la réglementation nationale, une perspective de certification environnementale internationale de type ISO 14001 doit être élaborée, c'est justement à celle-ci que l'on va s'intéresser.

5.4.1 Définition de la politique environnementale

La politique environnementale d'une entreprise est la formulation de ses principes et intentions eu égard à ses performances environnementales. Elle trace la voie à suivre et donne un canevas de réflexion pour l'établissement des objectifs environnementaux plus spécifiques.

La politique doit être définie (signée) par la direction à son plus haut niveau et doit comporter un engagement d'amélioration continue, de prévention de la pollution et de conformité aux exigences légales et autres exigences. Elle doit être diffusée auprès de l'ensemble du personnel, disponible pour le public et revue régulièrement.

La politique environnementale est l'élément moteur de la mise en œuvre et de l'amélioration du système de management environnemental de l'organisme, de sorte qu'il puisse maintenir et potentiellement améliorer sa performance environnementale [117].

La politique environnementale constitue la base sur laquelle s'appuie l'organisme pour fixer ces objectifs et ses cibles. Il convient que la politique environnementale soit ;

- Suffisamment claire pour être comprise par les parties intéressées,
- Qu'elle comporte un engagement d'amélioration continue et prévention de la pollution,
- Qu'elle soit communiquée à toute les personnes qui travaillent pour ou pour le compte de l'organisme,
- Que son domaine d'application soit clairement identifié et reflète la nature unique, l'importance et les impacts environnementaux des activités, produits et services qui entrent dans le domaine d'application du système de management environnemental.

La politique environnementale de l'ONA est établie par la Direction Générale, qui s'engage publiquement à poursuivre et développer encore davantage ses efforts dans la protection de l'environnement. Ces efforts sont axés essentiellement sur les principes suivants :

- Se conformer à la réglementation nationale en vigueur, et répondre aux autres exigences auxquelles l'ONA a souscrit,
- Prévenir et réduire toutes les formes de pollution générées par son activité,
- Assurer une gestion intégrée des déchets,
- Assurer de manière continue la sensibilisation des employés, des sous-traitants et des partenaires sur les bonnes pratiques environnementales,
- Suivre et évaluer périodiquement la performance du SME en l'inscrivant dans une optique de développement durable,
- Mettre en place un dispositif de communication de l'engagement environnemental de l'Office aux parties externes,
- Désigner systématiquement un correspondant local pour l'environnement et créer un comité de pilotage au niveau des sites du périmètre.

La politique environnementale de l'ONA est périodiquement passée en revue et révisée pour tenir compte des changements des conditions et des nouvelles informations, et la direction de l'entreprise veille à se doter des moyens financiers, humains et techniques pour être en mesure d'atteindre cette politique. La version actuellement en vigueur de la PE de l'ONA est la version 14 (cf. Annexe 1) [116].

5.4.2 Planification du SME

Le pas suivant consiste à définir, les objectifs et les cibles à atteindre, un programme d'actions devra être élaboré pour atteindre ces objectifs. Il définit les actions à entreprendre, les responsables et les moyens à mettre en œuvre. Les objectifs et le

programme d'actions doivent être clairs, précis, documentés et revus périodiquement afin d'assurer le principe d'amélioration continue.

La planification se fait d'abord par une analyse environnementale initiale de l'entreprise afin de détecter les défaillances environnementales et les aspects environnementaux les plus influents de l'activité. Puis à partir de ces lacunes une fixation d'objectifs et de cibles est établie. Enfin, la dernière étape est celle de la préparation d'un programme pour atteindre les objectifs et cibles tracés.

Il est important de se fixer des objectifs réalistes c'est à dire que vous avez réellement les moyens d'atteindre. Ne proposez pas un nombre trop important d'objectifs environnementaux. Ainsi, deux entreprises du même secteur d'activité dont les moyens financiers sont différents peuvent très bien mettre en place un SME conforme à la norme et/ou au règlement en ayant des objectifs environnementaux différents (respectant au minimum la réglementation).

5.4.2.1 Analyse environnementale :

Il s'agit dans un premier temps, de mettre en évidence la situation environnementale dans laquelle l'entreprise se trouve. En effet, être conscient de ses problèmes est la clé de voûte d'un programme d'actions environnementales. Les résultats de l'analyse serviront de base pour définir les priorités et élaborer le programme des actions environnementales.

Elle consiste à diagnostiquer et évaluer les dégâts environnementaux avant l'intégration du SME au sein de l'entreprise. Elle sert à identifier les aspects environnementaux des activités de l'entreprise et de déterminer ceux qui sont significatifs (AES) et qu'il convient de prendre en considération en priorité [118].

L'analyse environnementale est donc une analyse préliminaire approfondie des problèmes, impacts, performances et activités de surveillance de l'entreprise en matière d'environnement.

La première étape consiste à dresser un inventaire exhaustif des activités et sous activités faisant partie du domaine d'application du SME, ce qui permettra de repérer rapidement celles qui génèrent le plus d'impact sur l'environnement. Chaque activité ou sous activité recensée doit être croisée avec les domaines de l'environnement (air, bruit, eau, sol, énergie, déchets...) ce qui permettra d'identifier les aspects environnementaux générés par ces activités. Chaque activité du système d'épuration est identifiée dans le lieu qui lui est propre. Une activité peut avoir un ou plusieurs aspects environnementaux et chaque aspect peut avoir un ou plusieurs impacts sur l'environnement qui doivent être identifiés.

5.4.2.1.1 Démarrer une analyse environnementale :

Nous proposons d'élaborer l'analyse environnementale initiale selon les étapes suivantes :

1. Définir les objectifs de l'analyse (quelle est l'étendue de l'analyse ?),

2. Constituer un groupe de travail (personnes relais provenant des divers secteurs) qui sera chargé de collecter l'information sur le terrain,
3. Former les participants du groupe de travail à la méthodologie utilisée et sensibiliser l'ensemble du personnel,
4. Organiser, planifier et mettre en œuvre la collecte des données et documents,
5. Rassembler, traiter, analyser et synthétiser les informations collectées. Il n'existe pas de méthodologie de référence (normalisée) pour réaliser cette analyse. En général, l'étendue et le degré de détail de l'analyse dépendront des ressources disponibles (en temps et en personnel).

La collecte de l'information est généralement menée sur base de check-lists ou de questionnaires. Ces documents permettront de passer en revue de façon systématique tous les effets que l'entreprise pourrait avoir sur l'environnement.

Les informations sont généralement collectées au sein de 3 sources différentes :

- Les documents existants (bordereaux de suivi des déchets, registre des plaintes, fiches de sécurité des produits, autorisations, résultats des analyses, factures ...),
- Les entrevues et entretiens avec le personnel,
- La visite et l'inspection des lieux de travail.

L'analyse devra être mise à jour régulièrement, notamment suite aux modifications d'activités (extension, achat de nouvelles machines...). Une procédure devra organiser cette mise à jour.

5.4.2.2 Principaux risques au sein de la station d'épuration

Après notre visite et inspection ou audit on a pu repérer quelques risques au sein de la station d'épuration de Bouzedjar on peut sité parmi eux :[27]

5.4.2.2.1 Risque Mécanique:

Chaudière ballon d'air : vapeur, gaz, air, hydraulique.

Pièce en mouvement : rotation, cisaillement, transfert.

Autre danger mécanique liés aux machines : chute d'objet, projection d'élément

Accidents par contact direct avec un organe en mouvement:

Ecrasement – Coupures – Sectionnement – Arrachement – Fracture - Electrification
Coincement - Cisaillement

Accident par projection : Brulures – contusion



Figure 5. 3 : Exemple d'un compresseur d'air

5.4.2.2.2 Risque électrique

- **Electrisation** : Choc électrique et tétanisation des muscles avec des conséquences indirectes comme la chute.
- **Electrocution** : Arrêt cardiaque (augmentation du danger avec la présence d'eau)
- **Brulure cutanée.**

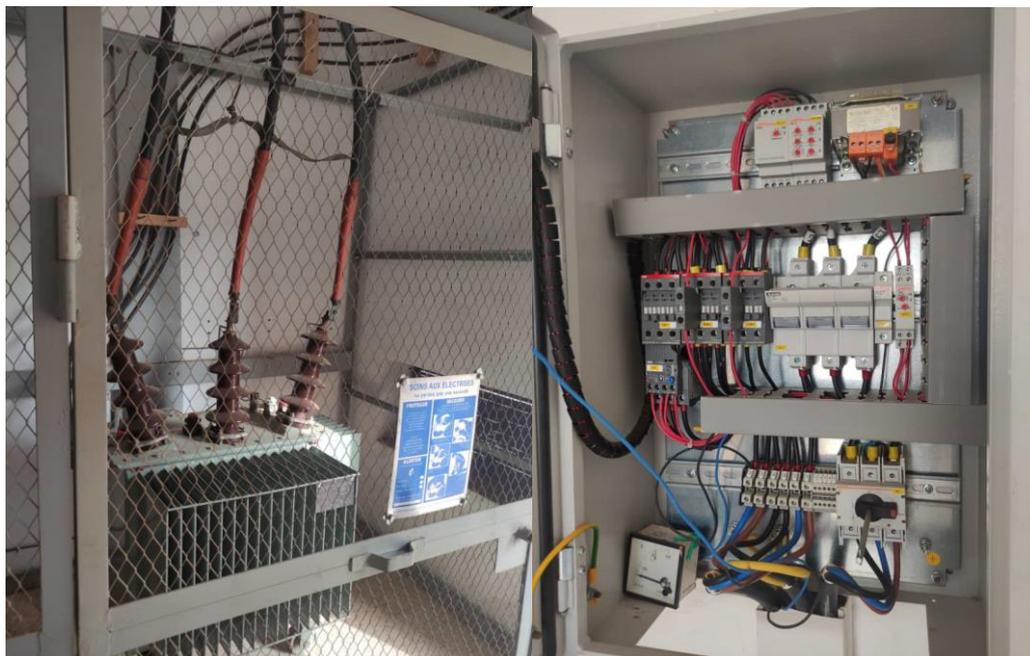


Figure 5. 4 : Exemple des circuits électriques de la STEP

5.4.2.2.3 Risque de noyade :



Figure 5. 5 : Exemple de risque de noyade dans la STEP.

5.4.2.2.4 Risques chimiques

Produit toxique, corrosif et irritant : effet immédiat ou à long terme.

Réaction chimique : produits instables, incompatibles.

Inflammation, explosion : liquide, gaz, poussières...

Pollution de l'atmosphère : fuite de gaz nocif, toxique, inflammable...

5.4.2.2.5 Risque incendie et explosion

Incendie peut provoquer :

- L'intoxication est due aux produits de combustion souvent toxiques et/ou corrosifs. Parmi tous les gaz produits.
- Brûlure de la peau ou du système respiratoire.
- Effet de serre, empêcher toute intervention des secours (due au fumées).
- Dégâts sur les installations et l'être humain « effet de souffle, le mort, rupture d'enceinte, projection de fragment ... » due à la surpression.

L'explosion peut provoquer :

- Projection violente d'objets ou de produits
- Brûlure due à la flamme produite
- Incendie éventuellement générer par l'explosion
- Effet de souffle sur les personnes, destructions

5.4.2.2.6 Risque liés au gaz

Des gaz peuvent provenir du réseau : composés d'azotes et sulfures. Des effluents septiques engendrent l'apparition d'H₂S, il peut s'y trouver également des

polluants volatiles, solvants, gaz d'hydrocarbure en cas de rejets industriels accidentels ou sauvages.

Des gaz peuvent également se former sur l'installation, principalement dans les fosses ou des regards mal ventilés suite à des fermentations (H₂S).

Il peut y avoir également des carences d'oxygènes suite à une élévation de la concentration de CO₂, de NH₃, etc.

5.4.2.2.7 Risque de l'odeur ou nuisance olfactives



Figure 5. 6 : Exemple d'une source de mauvaise odeur

Les nuisances olfactives sont souvent catastrophiques pour l'environnement.

Les mauvaises odeurs sont en général le signe d'un fonctionnement imparfait, d'une présence de gaz pouvant être corrosif (par exemple H₂S transformé en acide sulfhydrique ou acide sulfurique). En dehors des actions sur les ouvrages, il peut y avoir une action à long terme sur la santé de l'homme.

Les polluants volatiles se dégagent à la première aération. A la suite, il y a peu de risques pendant la phase aérobie du traitement sauf sur des postes de sous-titrage de boues si l'exploitation est défectueuse.

Lors du stockage des boues, réapparaissent des polluants à faible poids moléculaires NH₃, H₂S, mercaptans, acide organique à courte chaîne, qui engendrent à nouveau des risques d'odeurs que l'on retrouve dans les notamment le risque d'odeur en ce point

5.4.2.2.8 Risque de pollution

Dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.), qui peut endommager l'environnement et la station ainsi la santé des employés.



Figure 5. 7 : Pollution des déchets

"Nul n'est censé ignorer la loi". De plus, pour pouvoir apprécier les performances environnementales de l'entreprise et pour pouvoir fixer les priorités, il convient de comparer les résultats de la collecte de l'information avec des références. Les références légales doivent faire l'objet d'une attention particulière et être rassemblées dans un recueil de la législation

5.4.2.3 Mise en évidence des priorités (impacts significatifs)

Sur base de la comparaison des données recueillies lors de la collecte de l'information avec les impositions réglementaires, il est possible de mettre en évidence les points faibles de l'entreprise et de définir certaines priorités.

Le tableau qui suit donne quelques exemples d'aspects environnementaux significatifs et non significatifs tirés lors de l'analyse environnementale du périmètre de la station d'épuration de Bouzedjar.

Chapitre 05 : Système de management et performance
environnementale de la Station d'épuration d

Tableau 5. 1 : Tableau d'identification des aspects environnementaux

Lieu	Activité	Domaine						Aspects	Impacts	Criticité			Conformité		Degré	Significatif
		Bruit	Air	Déchet	Eau	Energie	Sol			G	F	D	C	NC		
Groupe électrogène	Alimentation en énergie électrique		X			X		Consommation d'énergie	Epuisement des ressources naturelles	2	3	1	X		6	Non significatif
								Echappement de gaz	Pollution de l'air	3	2	2		X	12	Significatif
Station de relevage	Relevage des eaux brutes				X			Panne mécanique des pompes	Pollution du milieu récepteur	4	2	3		X	24	Significatif
									Augmentation du temps de Bypass	3	2	3	X		18	Non significatif
Arrosage et nettoyage	Hygiène générale de la step				X			Fuite eau au niveau des conduites	Gaspillage des ressources naturelles	2	4	3	X		24	Significatif

Après l'identification des aspects et impacts environnementaux, ils seront évalués et notés selon trois critères d'évaluation : la gravité (G), la fréquence d'occurrence (F) et la détectabilité (D). Les échelles de notation sont comprises entre 1 et 4 (cf. Annexe 2). Le degré de criticité est obtenu par la multiplication des notes attribuées à chaque critère ($G \times F \times D$) [119]. Les aspects environnementaux sont qualifiés de significatif lorsque :

- 1- Les aspects sont non conformes (NC) à la législation et qu'ils ne remplissent pas les exigences réglementaires. (Exemple : La pollution de l'air dû aux échappements de gaz du groupe électrogène qui sont Non Conforme (NC) aux seuils réglementaires des émissions atmosphériques).
- 2- Le degré de criticité environnementale évalué est supérieur ou égale à 24. (Exemple : Le gaspillage des ressources naturelles du aux fuites d'eau au niveau des canalisations de la STEP a un degré de criticité de 24, et donc est un AES, même s'il est conforme à la réglementation).

Cette démarche est réalisée par le correspondant environnemental local en collaboration avec le responsable de chaque structure. Il est à signaler que les données recensées ne sont pas définitives, elles seront mises à jour et améliorées d'une manière continue, une fois par année et dans d'autres cas lors d'une modification d'activité, d'une nouvelle exigence ou d'un achat d'un nouveau produit ou installation ayant des impacts sur l'environnement.

5.4.2.4 Exigences légales et autres exigences :

L'ONA veille au respect des exigences légales applicable à ses activités. Dans cette optique, les textes réglementaires ainsi que les conventions ont été identifiés à l'aide du Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire (JORADP). Cette base de données est disponible au siège de la Direction Générale (service documentation).

La méthodologie de mise en œuvre de la veille réglementaire ainsi que l'évaluation de la conformité réglementaire se font selon la procédure « Identification et évaluation des exigences légales et autres exigences applicables », cette dernière a pour objet la description de la méthodologie utilisée par l'ONA pour la vérification de la conformité de ses activités par rapport aux exigences légales applicables et de toutes autres exigences, comme elle s'appuie sur l'identification et l'accès aux exigences locales et autres exigences.

Ainsi un recueil des exigences légales relatif aux aspects environnementaux significatifs comporte les textes applicables aux sites du périmètre d'application du SME de l'unité de Bouzedjar.

5.4.2.5 Définition des objectifs et cibles environnementaux :

Les objectifs et cibles environnementaux (OCE) ont été définis et fixés en fonction des aspects et impacts environnementaux significatifs générés par les activités de l'unité de Bouzedjar, des exigences légales applicables et des capacités techniques et financières de l'ONA.

Ils sont documentés dans le cadre du « programme environnemental » qui a été mis en place suite à une « étude environnementale », afin de planifier les actions à entreprendre pour instaurer au sein de l'établissement les bonnes pratiques environnementales et la maîtrise des impacts générés par ses activités. Parmi les objectifs visés par la démarche du SME :

- Lutte et prévention des différents types de pollution ;
- Maîtriser les risques environnementaux de l'entreprise
- Faire des économies et des optimisations sur les consommations d'eau, d'énergie et des matières premières.
- La Gestion appropriée des déchets spéciaux dangereux issus de l'activité des laboratoires ;
- Réduction des déchets générés et favorisation du recyclage ;
- Minimisation des accidents de travail et veille à la protection des opérateurs ;
- Veiller à l'efficacité du processus d'épuration des eaux usées urbaines et à diminuer la pollution avant le rejet dans le milieu récepteur ;
- Assurer La conformité réglementaire.

Les objectifs et cibles sont actualisés dans un esprit d'amélioration continue lors des revues de direction ou toute autre circonstance nécessitant leur modification.

5.4.2.6 Conception du programme environnemental

La création d'un programme environnemental est importante pour le succès de la mise en œuvre du SME, le programme doit décrire comment les objectifs et les cibles fixés par le responsable SME seront atteints. On propose quelques exemples du programme environnemental de l'unité de Bouzdjar ;

5.4.2.6.1 Lutte contre la pollution

- Réparer et entretenir les pompes de la station pour limiter la pollution du milieu récepteur ;
- Réparation des fuites de gaz au niveau du groupe électrogène ;
- Des tests réguliers du matériel seront programmés afin de maintenir le bon état des ouvrages et équipements
- Être vigilant sur l'application des règles d'hygiène, les règles de propreté, de nettoyage des locaux et installations.
- Mesurer l'efficacité de l'épuration de l'eau et s'assurer du respect des normes de rejets
- Mesurer la qualité de la boue issue de processus épuratoire de la STEP de Bouzedjar.
- Réduire la production des déchets par l'installation des unités de recyclage au sein de la STEP.

5.4.2.6.2 Réduction des déchets générés et favorisation du recyclage

- Utilisation de moyens informatiques et de supports numériques pour transmettre des documents ;
- Réutilisation des déchets qui peuvent être réutilisés dans le stockage tels que les emballages des produits chimiques et d'huiles
- Instauration d'un système de tri et de recyclage des déchets
- Sensibiliser le personnel sur le tri des déchets.
- Améliorer les conditions de stockage.
- Favoriser la récupération et le recyclage des déchets afin de d'éviter la mise en décharge,

5.4.2.6.3 Optimisation de la consommation d'énergie

- Installation de compteurs pour suivre et enregistrer la consommation d'énergie et la réduire éventuellement;
- Réduire l'utilisation de véhicules pour réduire la consommation de carburant
- Sensibiliser le personnel à éteindre tous les équipements de production, les climatiseurs et les lampes après les heures de travail ou quand il n'est pas nécessaire de les allumer.
- Installations des systèmes d'énergies renouvelables comme les panneaux solaires afin de réduire les consommations d'électricité élevés.

5.4.2.6.4 Minimisation des accidents de travail et veille à la protection des opérateurs

- Instauration de procédures de préparation et réponse aux situations d'urgence ;
- Former le personnel au secourisme et premiers soins par des organismes compétents ;
- Utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) (appareils de protection respiratoire, gants, lunettes, vêtements de protection...) adaptés aux risques.
- Mettre en place des mesures techniques et organisationnelles visant à supprimer tout départ de feu et limiter la propagation et les effets d'un incendie.
- Mettre à la disposition du personnel des plans d'évacuation d'urgences ;
- La réalisation d'issues et de dégagement en nombre et dimensions suffisants pour faciliter l'évacuation et l'accès de secours.
- Utiliser des détecteurs d'élévation de température, d'émission de gaz
- Disposer des trousse de soin et des extincteurs à la portée des employés

5.5 Mise en œuvre du SME

Le succès de la mise en œuvre d'un système de management environnemental suppose l'engagement de toutes les personnes travaillant pour ou avec l'organisme.

Cette phase consiste à fournir les ressources nécessaires (humaines, financières, technologiques...etc.) à la réalisation des actions, à la sensibilisation, à la formation du

personnel, à mettre au point un plan de communication interne et externe et un système de gestion documentaire, ainsi que le développement de procédures relatives à la préparation et à la réponse aux situations d'urgence.

5.5.1 Désignation des responsables environnementaux

Pour faciliter l'efficacité du management environnemental, les rôles, les responsabilités et les autorités doivent être définis, documentés et communiqués.

Afin de mettre en œuvre le système de management de l'environnement, la Direction Générale de l'ONA à son plus haut niveau, doit nommer un Responsable du Management Environnemental (déléguée à l'environnement) à la tête d'une cellule centrale Hygiène, Santé, Sécurité et Environnement pour coordonner, orienter et contrôler l'ensemble des activités en matière d'hygiène, de santé, de sécurité du travail et d'environnement.

Un organigramme de la structure de l'entreprise et un organigramme des responsabilités en matière d'environnement doivent être établis. Idéalement, les « fonctions à responsabilités environnementales particulières » devraient faire l'objet de procédures de descriptions de fonction

Une commission de pilotage du SME, composée des directeurs centraux et des responsables et acteurs des différentes structures, doivent être mise en place au niveau du périmètre du SME pour seconder le délégué à l'environnement, afin de discuter les aspects environnementaux, suivre la mise en place du SME et prendre les décisions nécessaires à l'amélioration de ce système. Chaque membre de la commission de pilotage intervient dans son champ de compétence, et participe à l'élaboration de la procédure qui relève de son activité (organigrammes et fiches de poste).

5.5.2 Formation et sensibilisation

L'efficacité du système de management de l'environnement dépend fortement de l'implication du personnel de son niveau de sensibilité vis-à-vis des paramètres environnementaux. Les correspondants locaux du SME organisent périodiquement des séances de sensibilisation au profit du tout le personnel énuméré de 24 ouvriers entre la station de relevage et la station d'épuration [120].

La norme ISO 14001 stipule que chaque visiteur du périmètre de certification doit être sensibilisé au système de management environnemental.

Le succès du SME nécessite une sensibilisation et une formation du personnel à tous les niveaux. Le système ne fonctionnera que si tout le monde est impliqué

Il convient que chacun connaisse :

- La politique environnementale de l'entreprise,
- Les motivations de l'entreprise,
- Le planning du projet,

- Les coordinateurs du projet (qui peut répondre aux questions des ouvriers ?),
- Les implications pratiques pour les ouvriers au niveau du travail quotidien (qui est responsable de quoi ? comment trier les déchets ?),

La formation peut se faire en interne ou en externes.

Il conviendra donc, dans un premier temps, de faire une analyse des besoins en formation environnementale au sein de la station et d'identifier les compétences nécessaires pour les diverses fonctions. Un programme de formation sera ensuite élaboré. Lorsque les formations auront été organisées, l'efficacité de celles-ci sera évaluée

Il s'agira également de former les nouveaux employés et les intérimaires au système mis en place (consignes particulières en matière de tri des déchets, consignes en cas de situation d'urgence...).

5.5.3 Communication interne est externe

La réussite de la démarche environnementale nécessite la mobilisation du personnel (communication interne) et l'information des parties intéressées (communication externe).

La mise en œuvre du SME entraînera obligatoirement des changements d'attitude, de comportement et de pensée parmi tout le personnel de l'entreprise. Il est nécessaire de développer une politique de communication efficace :

-En interne (entre les divers secteurs d'activités et les diverses fonctions de l'entreprise),

-En externe (avec les parties intéressées : riverains, autorités, fournisseurs et sous-traitants...).

1-Les actions de communication interne visent à développer l'implication de l'ensemble du personnel au management de l'environnement et à assurer l'échange d'informations entre les différents niveaux et fonctions du système. Elle s'effectue sous forme d'affichage de la politique environnementale et des objectifs environnementaux de l'ONA, des aspects environnementaux significatifs et programme environnemental, des indicateurs de performance environnementale, ainsi que les PV de réunion. La communication interne peut notamment se faire aussi par la réalisation de bulletins, la mise en place de panneaux d'information, la publication de journaux internes, en organisant des réunions et en utilisant la messagerie électronique... Les organes de communication existants peuvent être utilisés dans ce cadre

2-Pour la communication externe, l'ONA a choisi de communiquer sa politique environnementale ainsi que son expérience en matière de gestion des impacts environnementaux issus de son activité et ce dans le but d'échanger son expérience et de sensibiliser les différents acteurs, qu'ils soient locaux, nationaux ou internationaux ; Cette démarche a pour objectif de communiquer l'engagement de l'établissement quant à sa prise en charge des impacts de son activité sur l'environnement. Les aspects environnementaux significatifs ont été communiqués en externe sur des Cd-rom et des

dépliants de sensibilisation. L'ONA procède aussi un site web donnant toutes sortes d'informations sur ses activités et ses engagements, La communication externe peut se réaliser aussi en publiant des rapports annuels, en organisant des journées portes ouvertes...

5.5.4 Documentation du SME

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'entreprise doit établir et maintenir l'information en matière d'environnement sur support papier ou électronique pour décrire les éléments essentiels du système et leurs interactions et indiquer où trouver la documentation correspondante.

Les documents du SME sont listés dans une matrice documentaire, les éléments essentiels du SME sont organisés

selon une structure pyramidale schématisée

dans la figure n°8

Les ingénieurs de la cellule hygiène santé et environnement (CHSE) en collaboration avec les représentants des structures concernées, sont chargés de la rédaction des documents centraux qui relèvent du SME.

Les documents spécifiques aux sites sont élaborés par le correspondant SME local en collaboration avec les responsables des structures concernés. Une fois l'élaboration du document terminée, il est transmis par l'unité à la direction de la zone pour validation. Par la suite le document est transmis à la CHSE sous format numérique modifiable (par email ou autre) pour validation définitive et approbation. Le document peut être renvoyé par la CHSE au correspondant local pour d'éventuelles modifications ou corrections.

Avant de procéder à la diffusion, les documents doivent porter la mention « DOCUMENT EN VIGUEUR », quand un document est mis à jour l'ancienne version doit porter la mention qui indique son remplacement, ce qui permet d'éviter toute utilisation non intentionnelle de ces documents.

Une liste de diffusion est dressée au début du document, afin d'identifier les destinataires et de suivre le mouvement des documents. Pour transmettre les documents il est préférable d'utiliser des supports numériques (CD/rom, DVD, clé USB) afin d'économiser le papier.

5.5.4.1 Maitrise de la documentation du SME

L'entreprise doit élaborer un système permettant d'assurer la gestion des documents (manuel, procédures, instructions de travail, enregistrement).

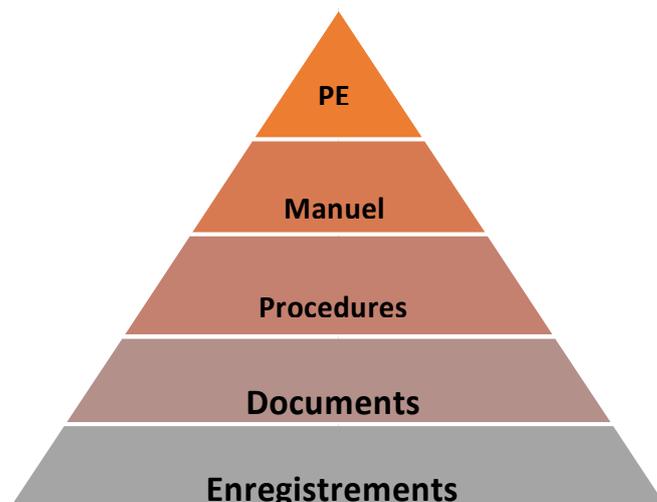


Figure 5. 8 : Hiérarchisation des documents essentiels du SME

Il s'agit de :

- Localiser, réviser et mettre à jour régulièrement ces documents,
- Distribuer les versions actualisées aux personnes concernées,
- Gérer les documents périmés,

Il convient, dans tous les cas, d'alléger le système documentaire en limitant au maximum le nombre de documents : Le SME devrait pouvoir fonctionner sur base d'une quinzaine de procédures. Un SME efficace est un système qui est appliqué sur le terrain et pas uniquement sur papier.

5.5.5 Préparation et réponse aux situations d'urgence

Cette procédure définit la méthodologie mise en œuvre pour l'identification des risques et accidents potentiels et des situations d'urgence au niveau des sites concernés par le SME ; Elle définit également les modalités de planification des exercices permettant de vérifier l'efficacité des moyens de prévention des situations d'urgence et de la documentation correspondante.

La communication d'urgence : Les règles de communication interne et externe en situation d'urgence sont définies dans le plan de sûreté interne et dans la procédure en question en référence aux exigences réglementaires.

Des simulations d'initiation du personnel à la réaction aux situations d'urgences sont effectuées avec les organismes compétents (pompiers, ...) ou en interne, au niveau des sites certifiés.

Ces actions ont pour objectifs de mettre en place les équipements et moyens nécessaires pour faire face à une situation exceptionnelle tels que : Incendies, déversements de produits chimiques...

Par exemple, en cas de situation d'urgence des plans d'évacuation d'urgence sont affichés dans chaque site, indiquant aux personnes le chemin à prendre pour se rendre au point de rassemblement ou ils seront en sécurité. Il y a aussi des flèches sur le sol qui mènent au point de rassemblement.

5.5.5.1 Plan parcellaire

En cas de feu d'explosion :

- Actionner les boutons poussoir d'alarme.
- Avertir le poste de sécurité
- Avertir le centre de soins
- Avertir votre chef direct

Mesures d'urgence :

Le responsable est tenu d'évacuer dans l'ordre le personnel et maîtriser des dégâts en attendant l'arrivée des agents qualifiés.

Le responsable intervention est tenu de déterminer l'ampleur du sinistre.

Donner l'alarme à la protection civile.

Attaquer le sinistre dans l'immédiat.

5.5.5.2 Plan de mouvement en cas d'alerte générale ou partielle

- Evacuation des lieux du sinistre.
- Être attentif aux instructions données par les responsables.
- Être discipliné dans l'accomplissement des tâches affectées.

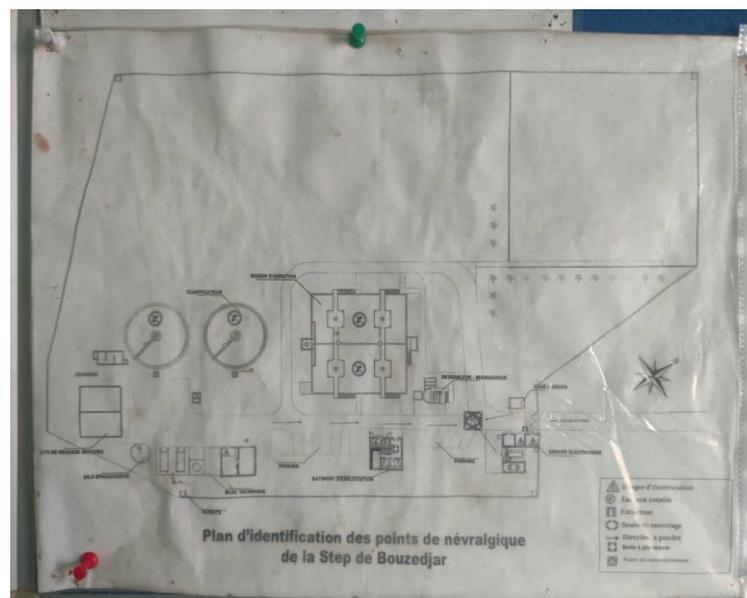


Figure 5. 9 : Plan d'évacuation vers le point de rassemblement



Figure 5. 10 : Point de rassemblement de la step

5.6 Contrôle des résultats et action préventives

L'ONA doit établir, mettre en œuvre et tenir à jour des procédures pour surveiller et mesurer régulièrement les principales caractéristiques de ses opérations qui peuvent avoir un impact environnemental significatif.

Ces procédures doivent inclure la documentation des informations permettant le suivi de la performance, l'évolution, visualiser les améliorations engendrées suite aux différentes actions mises en œuvre. Et de suivre les contrôles opérationnels applicables et la conformité aux objectifs et cibles environnementaux.

L'ONA doit s'assurer que des équipements de surveillance et de mesure étalonnés ou vérifiés sont utilisés et entretenus et doit en conserver les enregistrements associés

Un principe important dit que « seul ce qui est mesuré peut-être gérer ». Il faudra donc mettre en place tout un réseau de mesures afin d'évaluer la situation par rapport aux objectifs et aux cibles définis préalablement

5.6.1 Prévention des risques constatés dans la station d'épuration de Bouzedjar

Parmi les actions préventives prises de la part des employés chargés de la sécurité de la station de la station de Bouzedjar afin de réduire les risques : [27]

La station est dotée d'un réseau d'alarme basé sur le principe de contact il permet de signaler les incendies et les pannes technique.



Figure 5. 11 : Alarme de la step

5.6.1.1 La prévention du Risque Mécanique

- Eviter tout nettoyage ou réparation d'une machine en marche
- Respecter scrupuleusement les recommandations des constructeurs d'intervention pour l'exploitation et l'entretien,
- Employer d'un personnel qualifié,

5.6.1.2 La prévention du Risque électrique

- Mise à la terre des masses avec coupure automatique de l'alimentation
- Double isolation ou isolation renforcée
- Le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.
- Le maintien de cette conformité doit être vérifié annuellement.
- Des arrêts d'urgences accessibles sont installés à proximité de chaque équipement.

5.6.1.3 Prévention contre le risque de noyade

Veiller au maintien en bon état des différents garde-corps et l'utilisation d'équipement de sécurité ainsi l'application des consignes de sécurités affichées au sein de la STEP.



Figure 5. 12 : Bouée de sauvetage de la step

5.6.1.4 Prévention du risque chimique

- Équipements de protection individuelle (EPI) (appareils de protection respiratoire, gants, lunettes, vêtements de protection...) adaptés aux risques.
- Former et informer les salariés sur les risques des produits chimiques et leur prévention.
- Faire un suivi médical pour les salarié expose au produit chimique.
- Limitation du nombre et de la quantité des produits dangereux
- Avoir les fiches de sécurité des produits concernés comme le polymère de traitement de boue
- Remplacer ce qui dangereux par ce qui ne l'est pas ou moins dangereux

5.6.1.5 La prévention du Risque d'incendie et d'explosion

- La suppression de l'ensemble des combustibles et/ou des sources d'inflammation.
- Favoriser l'intervention des services de secours.
- Emploie des produits non combustibles.
- Conception et construction des bâtiments.
- Augmenter la granulométrie (passer de la poudre aux granulés).
- Mettre en place des mesures techniques et organisationnelles visant à supprimer tout départ de feu et limiter la propagation et les effets d'un incendie.
- Il doit exister un extincteur minimum pour 200 m² et par niveau.
- Prendre en compte l'isolement, la séparation et les distance de sécurité pour empêcher (ou limiter) la propagation de l'incendie.

-La réalisation d'issues et de dégagement en nombre et dimensions suffisants pour faciliter l'évacuation et l'accès de secours.

-Installer un réseau incendie et le contrôler régulièrement avec les extincteurs Faire contrôler annuellement les extincteurs.

-Moyen de lutte contre l'incendie et l'explosion disponible dans la station d'épuration de Bouzedjar : Extincteurs de 6-9-10 kg



Figure 5. 13 : Les extincteurs de la step

5.6.1.6 Prévention des risques liés au gaz de nuisance olfactives

Le personnel devra être équipé d'un détecteur de gaz de préférence bi ou tri-gaz : H₂S

Protection respiratoire : les appareils filtrants, le demi-masque filtrant, le demi-masque, le masque complet.



Figure 5. 14 : Exemple des masques filtrants disponible dans la step

5.6.1.7 Prévention de risque de pollution

- Désigner de bons réflexes à la station d'épuration
- Installer une unité de valorisation des déchets
- Donner plus d'importance au recyclage des matières comme le plastic
- Eviter les fuites de gaz et l'eau usées par l'entretien régulier des matériaux
- Veiller au nettoyage fréquent et l'application stricte des règles d'hygiènes et de sécurité
- Donner plus d'importance à la réutilisation des boues
- Adopter une nouvelle unité de traitement qui sera chargé de la réutilisation ou la distribution des eaux usées épurés et traités à des fins agricoles comme arrosage et irrigation et ne pas les jetés dans la mer

5.6.2 Surveillance et mesurage

Par rapport aux objectifs, les aspects et impacts environnementaux sont contrôlés par l'élaboration des programmes environnementaux, des procédures, des instructions et sont vérifiés par des audits et inspections pour s'assurer de l'efficacité des actions correctives.

La procédure de surveillance et mesurage, décrit les modalités de surveillance des aspects et des indicateurs environnementaux de l'entreprise.

Un programme de maintenance et d'étalonnage des appareils de mesures (appareils de mesure du laboratoire, débit mètres, oxymètres...) est mis en place. Des contrôles techniques des équipements et installations électriques sont assurés périodiquement en plus d'une évaluation du niveau sonore au niveau de certaines installations et équipements [30].

5.6.2.1 Le temps de By-pass

Le by-pass désigne globalement toutes les eaux dérivées de la station d'épuration vers le milieu naturel qui n'ont pas bénéficié de l'ensemble des traitements. Il est essentiel pour éviter que les eaux usées anormalement chargées passent par les bassins d'aération et risquer la destruction des cultures bactériennes qui ont mis plusieurs mois à se former.

Dans le cas de la station d'épuration de la ville de Bouzedjar, les by-pass sont causés par des :

- Arrivées d'eau anormalement chargée : à la découverte d'une arrivée anormalement chargée et après établissement d'un prélèvement instantané et le by-pass, un contrôle visuel de l'arrivée des eaux est systématiquement réalisé afin de rétablir le fonctionnement de la STEP.
- Intempéries : en cas de fortes intempéries, une surveillance du canal d'arrivée des eaux brutes est systématiquement réalisée, afin d'effectuer le by-pass.
- Arrêts fréquents de la station de relevage : lors des arrêts de la SR dus aux pannes mécaniques et électriques ainsi qu'aux curages et maintenances, l'eau n'est pas acheminée à la STEP et est directement déversée dans le milieu naturel.

5.6.2.2 La consommation d'énergie

Le ratio énergétique de la station d'épuration de Bouzedjar correspond à la quantité d'énergie consommée (KWh) par mètre cube d'eau épurée

L'application du système de management environnemental doit diminuer la consommation d'énergie, car des objectifs à ne pas dépasser doivent être fixés.

Le ratio énergétique élevé sera minimisé et ce grâce aux efforts de réduction de la consommation cités dans le programme environnemental.

5.6.2.3 La valorisation des déchets

Le tri et le recyclage des déchets au niveau de la station d'épuration de la ville de Bouzedjar doit être réalisé avec la mise en place du système de management environnemental. Des poubelles de tri sélectif nécessitent d'être disposées un peu partout dans la station, et le personnel est censé d'avoir une sensibilisation et formation.

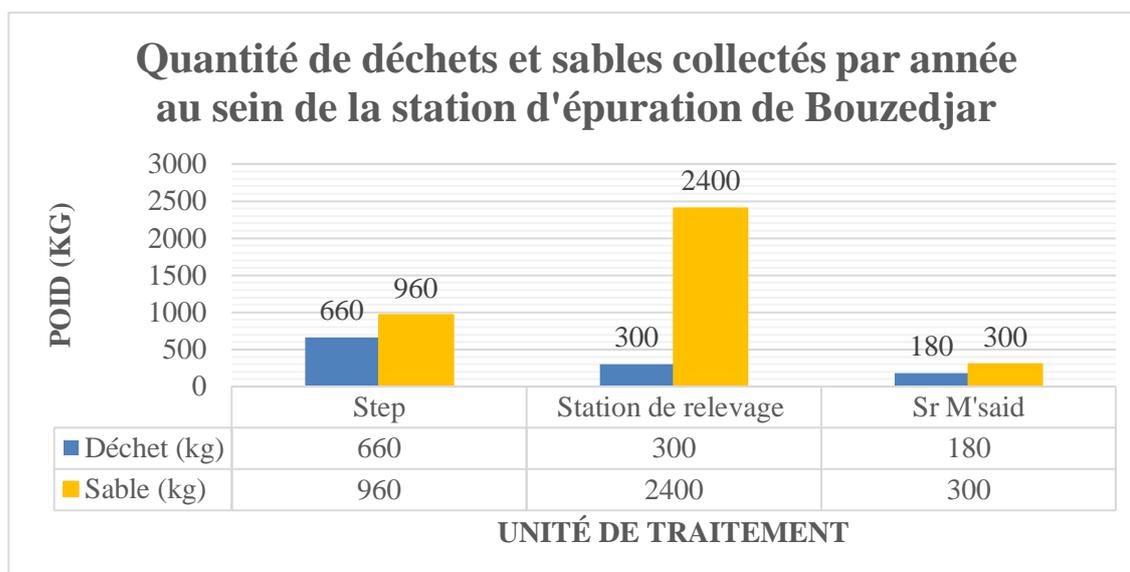


Figure 5. 15 : Quantité de déchets et sables collectés dans la station de Bouzedjar

La figure indique la quantité de déchets et de sables collectés dans les unités de la station qui peuvent être recyclés ou réutilisés afin d'éviter de polluer le milieu extérieur ou l'environnement. Le recyclage est quasi inexistant au niveau de la STEP de Bouzedjar. Cette grande quantité de déchets et sables gaspillés et jetés dans l'environnement peut être diminuée et valorisée ou recyclée grâce aux actions de favorisation de la valorisation des déchets cités dans le programme environnemental.

5.6.2.4 Gestion des non conformités

L'entreprise doit établir et maintenir des procédures définissant les responsabilités et l'autorité qui assumera :

- La prise en compte et l'analyse des non-conformités,
- Le lancement de mesures pour remédier à la non-conformité,
- L'engagement et le suivi des actions préventives et correctives correspondantes. Les non conformités peuvent être notamment :
- Le non-respect d'exigences réglementaires,
- La non-application des procédures,

Des écarts et des dysfonctionnements (absence de procédures, mauvaise utilisation des consignes, carence en formation pour les ouvriers...) se produiront lors de la mise en application du SME. Il est donc logique que vous ayez un certain nombre de non-conformités à son démarrage.

Les actions correctives et/ou préventives devront être adaptées à l'importance des problèmes et proportionnées à l'impact considéré.

Il convient que l'organisme soit capable de démontrer qu'il a évalué sa conformité aux exigences légales, y compris les permis ou autorisations applicables.

Dans le cas de l'unité de Bouzedjar, on a observé, lors de l'identification des aspects environnementaux significatifs, qu'il subsiste quelques non conformités à la réglementation, mais ces dernières peuvent être diminuées après la mise en place du SME, pour améliorer et augmenter le taux de la conformité à la réglementation au-delà de 40%, comme le démontre le graphique suivant.

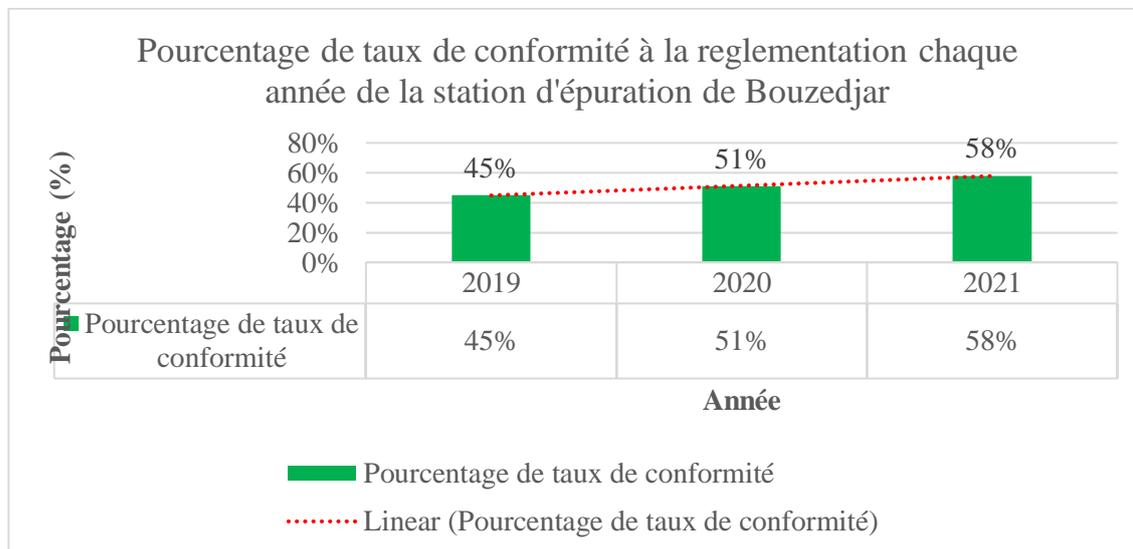


Figure 5. 16 : Pourcentage de taux de la conformité à la réglementation de la STEP

Il faudra déterminer quelles sont les causes de ces non-conformités et décider de prendre des actions préventives afin que la situation ne se reproduise plus.

- Les actions correctives ont pour objectif d'éliminer ou de remédier aux problèmes lorsque celui-ci est déjà existant.
- Les actions préventives servent à éviter un problème

5.6.2.5 Maitrise des enregistrements

Les enregistrements constituent des preuves permettant de démontrer la conformité du SME. Les enregistrements sont classés par exigence de la norme (enregistrements relatifs à la communication externe, la gestion des déchets, les rapports de contrôle technique...) et sont portés sur une liste des enregistrements. Chaque structure est chargée de classer et d'archiver pour garder trace de toutes les données à caractère environnemental qui la concerne.

Ils doivent être maintenus, archivés et protégés contre tout risque d'endommagement. Leur durée de conservation doit être établie et enregistrée

Ce système de collecte et de conservation des documents a pour objectif d'obtenir une certaine « discipline » et de prouver la conformité avec les réglementations en cas de contrôle des autorités, par exemple. L'objectif est d'éviter du temps si l'on doit rechercher des documents dispersés un peu partout dans l'entreprise. Il conviendra donc d'éviter de tomber dans un excès de "paperasserie".

5.6.2.6 Audit du système de management

Des audits internes partiels ou globaux sont réalisés périodiquement dans les sites ainsi que les sites récemment intégrés au périmètre de façon à couvrir toutes les activités générant des AES une fois par an [119]. Ces audits sont réalisés par une équipe d'auditeurs qualifiés, l'objectif étant de :

- Déterminer si le système de management environnemental est conforme aux exigences de la norme ISO 14001.
- Détection des dysfonctionnements éventuels dans l'application des dispositions du SME ;
- Mise en place d'actions d'ajustement et d'amélioration ;
- Vérification de l'efficacité du système.

5.6.2.6.1 La méthodologie de l'audit du SME

Elle est similaire à celle appliquée pour les audits qualité et peut être structurée en 3 grandes phases :

-La phase de préparation comprenant la planification de l'audit (calendrier/fréquence des audits), la définition du champ de l'audit (domaines couverts), les éléments à auditer, la sélection des auditeurs, le choix des personnes à auditer...

-La phase d'exécution comprenant l'examen des registres et des documents (manuels, procédures, analyse environnementale, rapports des audits précédents,), inspections des lieux de travail et collecte des informations, évaluation des points faibles et points forts du système, ...

-La phase de suivi : un rapport des "forces et des faiblesses" est réalisé par l'auditeur. Il est idéalement rédigé et/ou discuté avec l'audité et est finalement présenté au cours d'une séance de clôture. Les rapports d'audit doivent être conservés précieusement.

Il conviendra ensuite de prévoir les actions correctives en réaction à chaque non-conformité et d'assigner la responsabilité de celles-ci et d'établir un programme d'actions

Une fois l'audit interne terminé, un rapport d'audit est transmis aux correspondants des sites audités afin d'élaborer un plan d'action relatifs aux écarts détectés.

Les écarts recensés après chaque audit doivent diminuer après application et mise en œuvre d'un système de management environnemental pour prouver l'efficacité et le bon fonctionnement de ce dernier.

5.7 Revue de direction

À des intervalles planifiés, l'unité de Bouzedjar est censée de passer en revue son système de management environnemental au moins une fois par an, afin de s'assurer qu'il est approprié, suffisant et efficace.

Elle permet de boucler le cycle de l'amélioration continue et concrétise l'engagement de la direction par une revue formelle, documentée et enregistrée des performances environnementales de l'entreprise

Les revues de direction doivent comprendre l'évaluation d'opportunités d'amélioration et le besoin de changements à apporter au système de management environnemental, y compris la politique environnementale et les objectifs et cibles environnementaux. La direction, à son plus haut niveau doit présider cette revue de direction. Elle doit être dirigée et présentée par le correspondant SME de l'unité de Bouzedjar.

Les participants à cette revue sont généralement le directeur, le conseiller en environnement, le conseiller en prévention, le coordinateur qualité et les responsables des divers secteurs (maintenance, production...).

Les points suivants doivent être abordés au cours de cette réunion ou revue de la STEP de Bouzedjar :

- Les révisions éventuelles de la politique environnementale, du programme de management environnemental, d'autres éléments du SME ;
- Les résultats de l'audit interne ;
- Les évolutions des aspects réglementaires applicables ;
- La décision de communication externe volontaire et spontanée ;
- Les besoins en formation;
- Faire la synthèse des non-conformités et évaluer l'avancement des actions entreprises,
- Le bilan économique de la démarche aussi le sujet des objectifs et du programme d'action.
- L'appréciation globale de l'efficacité du système de management environnemental ;
- Définir des nouveaux objectifs, de nouveaux programmes d'actions
- Identifier les nouveautés (nouvelles informations réglementaires, nouveaux procès mis en place, nouvelles activités,).

A l'issue de cette revue de direction un compte rendu contenant les éléments de sortie sera rédigé, validé et diffusé (cf. Annexe 3).

Après l'application de SME, le taux de réalisation des objectifs environnementaux fixés doit être, tout cela peut être réalisé grâce aux efforts fournis par les responsables de la mise en œuvre des actions pour l'atteinte des objectifs et la bonne application du plan de SME. Cela permet de dire que l'unité de Bouzedjar peut réaliser une performance environnementale plus que satisfaisante.

5.8 La certification ISO 14001 :

La procédure de reconnaissance de la démarche de mise en place du SME s'appelle certification pour ISO 14001

Dans ce cadre, un organisme certificateur ISO 14 001 vérifiera le système mis en place au cours d'un audit de certification. Il remettra ensuite le certificat si les exigences de la norme sont respectées.

Un audit de recertification aura lieu, en général, tous les 3 ans. Des audits de suivi réguliers seront également programmés. Leur fréquence varie en fonction de l'organisme certificateur mais, par expérience on peut dire qu'ils ont lieu tous les 6 à 8 mois.

5.8.1 Et après l'obtention de la certification ?

Mettre en place un SME, c'est bien. Le maintenir et l'améliorer, c'est mieux.

Être certifié n'est pas facile, le rester n'est pas plus aisé. Or, certaines entreprises pensent qu'une fois le certificat ou l'enregistrement obtenu, "tout ira pour le mieux dans le meilleur des mondes".

Diverses entreprises attendent encore trop souvent la veille de l'audit de suivi pour "relancer la démarche". Un SME doit fonctionner de manière continue, les travailleurs doivent être impliqués dans le cadre de leur tâche quotidienne.

Une fois le système mis en place, il faudra s'assurer de son fonctionnement. Ainsi, il faudra notamment :

- Mettre à jour les procédures, les documents, les recueils,
- Réaliser les mesures et les analyses,
- Identifier les problèmes, définir, prendre et évaluer les actions correctives,
- Réaliser les programmes d'actions (programme de formation, d'audit,)
- S'assurer de la mise en œuvre des procédures sur le terrain,

CONCLUSION

Ces dernières années, dans tous les secteurs économiques et à l'échelle internationale de la production aux activités de services, la concurrence devient de plus en plus vive et la normalisation s'est imposée comme un outil indispensable d'échange et de développement.

L'environnement et l'un des domaines qui fait appel à de nouvelles règles, à de nouvelles définitions, à de nouveaux processus et à de nouvelles normes, pour faire face aux impacts négatifs générés par le développement technologique accéléré de l'industrie.

L'Algérie a fait des efforts considérables pour protéger l'environnement en mettant en œuvre un certain nombre d'initiatives de protection de l'environnement et en instaurant une législation compréhensive et un système institutionnel. La volonté politique pour des actions dans l'amélioration de l'environnement est évidente

Dans ce contexte, nous mentionnons le Système de Management Environnemental « SME » comme un outil permettant le respect de la réglementation en matière de protection de l'environnement, l'amélioration des relations avec les autorités réglementaires, la prévention et le contrôle de la pollution ainsi qu'une amélioration de l'image de l'entreprise (dans cette étude cas de la station d'épuration de Bouzedjar).

Le respect et la bonne application de la norme ISO 14001 aidera l'unité de Bouzedjar à :

- Gérer les impacts des activités de la STEP sur l'environnement
- Apporter des avantages économiques : valorisation des déchets, réduction de la consommation d'énergie,
- Former et sensibiliser les employés,
- Réduire le nombre d'écarts enregistrés lors des audits, Améliorer l'image de marque et renforcer la réputation « verte » de l'entreprise.

Il est à signaler qu'une nouvelle version de la norme ISO 14001 est sortie, la version 2015. Un délai de trois ans après la sortie de la nouvelle version est alloué aux organismes certifiés leur donnant le temps de mettre à jour leur système de management environnemental au risque de perdre leur certification.

CONCLUSION GENERALE

La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut détériorer gravement l'environnement, et son utilisation excessive peut entraîner des risques de pénurie, d'où il est nécessaire de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

L'objectif de notre travail est de valoriser la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigations, et encouragé l'investissement dans les eaux épurées et traité soit par des manières collectives comme les stations d'épuration ou de manière individuelle ce qui a été prouvé avec le travail réaliser et les résultats obtenues dans cette étude.

Le travail ci-dessus nous a aidés à connaître les eaux usées et leur origine et impact sur la santé humaine et surtout l'environnement. La première partie de l'étude a présenté une synthèse bibliographique sur les eaux usées et leurs procédés de traitement. Nous avons pu connaître l'ensemble des procédés épuration utilisé dans les stations d'épuration et les domaines de réutilisation des eaux épurées et traités avec les risques présentés par cette réutilisation, dans un autre point nous avons découvert la valeur des boues résiduaire, leurs compositions et leurs destinations finales appropriés, d'une façon légale bien évidemment on a parler sur l'ensemble des lois et normes relatives au eaux usées et leurs réutilisation dans le monde définit par l'OMS et JORA pour l'Algérie qui décrit le recyclage appropriés des eaux traités, pour la fin de la première partie on a pu se familiar avec des cas de dysfonctionnements des stations d'épuration.

Dans la deuxième partie, nous avons concentrés notre étude sur la station d'épuration de Bouzedjar, d'où nous avons présenté le processus d'épuration utilisé dans cette dernière, on eu la chance de suivre le déroulement de traitement et des différents analyses dans le laboratoire de la STEP d'où le résultats montre de façon générale que les valeurs ne dépassent pas, à la sortie de l'installation, les valeurs limites des rejets définies par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, et respectent également les normes de l'OMS qui sont plus strict. La conformité de ces résultats d'analyses démontre également que les dispositifs de traitement sont appropriés et limitent la charge de pollution rejetée lorsque les volumes sont respectés et le suivi de la maintenance en œuvre.

Dans le chapitre 3 ou notre partie pratique, nous avons discuté sur les différents résultats obtenues des analyses physico-chimiques et bactériologique faites au sein des laboratoire de SEOR sur les différents types d'échantillons d'eau prises de la station d'épuration de Bouzedjar et traité dans le laboratoire de l'université avec un traitement chimique qui a été présenté dans le chapitre 04, ce traitement a fait appelle à une substance chimique qui s'appelle l'argile de bentonite, d'où on a remarqué que les résultats ont une légère différence c'est-à-dire entre les eaux épurées de la STEP de Bouzedjar et les eaux traités par l'argile, dans le même concept l'eau traité a présenté des meilleures résultats presque dans tout les paramètres physico-chimique et microbiologique, par conséquent on concluent que le traitement chimique utilisé a été favorable et bénéfique pour notre expérience et travail réaliser pour filtré l'eau afin de la

réutiliser à des fins agricoles bien déterminés, ce qui a été réalisé dans le chapitre 04, nous avons essayé d'implanter le gazon en utilisant les différents types d'eau étudiés, alors après certain temps le résultat était bien évidemment positif ou on a constaté le rendement de l'eau traité par l'argile a été meilleur que les autres eaux utilisés dans l'arrosage ce qui prouve que le traitement chimique utilisé était fiable et également valorisent les eaux épurés et traités et notre travail en général dans le but d'encourager et donner plus d'importance à la réutilisation des eaux usées traités à des fins agricoles.

Enfin, dans le chapitre 05 nous avons tenté de proposer un SME pour la station d'épuration de Bouzedjar pour améliorer le rendement et la performance de traitement de cette dernière et en même temps augmenter la protection de l'ensemble des employés, les biens et surtout l'environnement.

L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées. Le traitement adéquat de nos eaux usées permet de mieux protéger la santé de la population. En plus de faire éventuellement hausser la valeur des propriétés, le traitement accroît la protection de la faune et du milieu aquatique et nous permet de profiter d'activités de loisirs sur l'eau et près des cours d'eau

Dans le journal officiel de la république algérienne en 2012, une liste de diverses activités agricoles qui pourraient exploiter les eaux usées traités sans risques sanitaire pour le consommateur des produits agricoles et sans danger pour l'environnement, il faut juste avoir des traitements conformément aux normes internationales

Nous recommandons la réutilisation des eaux usées traité pour l'irrigation à partir de la Station d'épuration de Bouzedjar et aussi l'utilisation de l'argile de bentonite comme un traitement complémentaire pour obtenir de meilleurs résultats comme démontrés dans ce chapitre et pour améliorer l'efficacité des stations d'épuration et leurs traitements et les eaux usées traités et épurés en général, afin d'agrandir la productivité agricole et de préserver les ressources hydriques qui vont automatiquement aider à la protection de l'environnement et l'humanité en particulier, mais à condition de respecter les directives de l'OMS et Le Journal Officiel de la République Algérienne publié en 2012 ; pour éviter les problèmes sanitaires et tout risques possibles.

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

- Une conservation des ressources en eau douce et leur allocation plus rationnelle, en particulier dans les pays en pénurie d'eau.
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface en évitant le déversement d'eaux usées dans les plans d'eau pour assurer la protection de l'environnement.
- Un apport naturel en nutriments (notamment azote, phosphore et potassium), donc des besoins en engrais artificiels réduits.

- Amélioration des caractéristiques physiques des sols grâce à l'apport de matières organiques, prévention de l'érosion.

La mise en place d'un système de management de l'environnement conforme à la norme ISO 14001, apporte bien des avantages en termes d'organisation et de performance environnementale. C'est ce que nous avons tenté de prouver en analysant les systèmes de management environnemental d'une entreprise Algérienne.

La sécurité au travail vise à diminuer les accidents du travail et les maladies professionnelles qui représentent un coût considérable pour les entreprises afin d'améliorer l'environnement du travail, aménager des lieux et des postes de travail, assurer la sécurité des salariés et protéger leur santé physique et mentale. L'amélioration de la sécurité est possible avec l'application des règles juridiques de prévention et la mise en place des mesures préventives.

Toutes les méthodes, outils, recommandations ne seront efficaces que si chaque personne à tous les niveaux dans l'entreprise s'implique personnellement dans ses actions.

Les efforts de la station de Bouzedjar en matière de sécurité restent considérables.

Enfin, nous tenons à exprimer notre satisfaction d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.

Références bibliographiques

- [1] « Bureau d'étude hydraulique(s e r h). »
- [2] « Canada - 2011 - Qualité de l'eau 101 introduction aux microsyst.pdf ». Consulté le: 5 juillet 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.waterqualitytraining.ca/files/WQ1010%20Workbook%20French.pdf>
- [3] G .Abdelkader, « *épuration biologique des eaux usées* », vol. Tom1. 1984.
- [4] *Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210*, vol. Volume G1210.
- [5] Richarde C, *les eaux; les bactéries; les hommes et les animaux; Edition Elsevier; P138*. Paris, 1996.
- [6] Aoulmi Sofiane, *Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique*. 2007.
- [7] « La pollution de l'eau », *Surfrider Ocean Campus*. <https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau> (consulté le 5 juillet 2022).
- [8] « Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220. ».
- [9] « 2.pdf ». Consulté le: 5 juillet 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.spa.be/files/download-overlay/fr-BE/2.pdf>
- [10] Gaid A, « *Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I* », édition OPU. Alger, 1984.
- [11] Regsek F, *Analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Edition scérén CRDPA quitaine*. Bordeaux, 2002.
- [12] Mizi A, *Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar*. Annaba, 2006.
- [13] Alain Botta, Laurence Bellon, *Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale*. Université Euro Méditerranée TEHYS, 2001.
- [14] RODIER .J, *Analyse de l'eau ;eaux naturelles ,eaux résiduaires ,eaux demer.*, 8ème édition. Edition DUNOD. Paris, 1996.
- [15] Desjardins Raymands, « *Traitement des eaux* », Deuxième édition. Montréal, 1997.
- [16] Suschka J, Ferreira E, *Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, pp.137-144*. 1986.
- [17] Taradat M H, *Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, 537p*. Canada, 1992.
- [18] *BEAUDRY, 1992*.
- [19] Yahlatene S, Tahirim El Tladj, « *Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran* »,

- mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran. », Oran, 2011.
- [20] Cherki F, Et Hesses H, « étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique. », Université de Tlemcen.
- [21] RODIER .J, *L'analyse de l'eau, édition Dunod*,. Paris, 2009.
- [22] RODIER .J, *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique,pp 1008-1043*. Paris, 2005.
- [23] Metahri Mohammed Saïd, « 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-Ouzo. », 2012.
- [24] Saggai M M, « Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p. », 2004.
- [25] Bekkouche M, Zidane F, « Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p. », 2004.
- [26] Banzaoui N Et Elbouz F, « Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba. », 2009.
- [27] « Rap-du-stage-Bekkouche et Meziane.docx ».
- [28] *OUALI*, 2001.
- [29] *LADJEL*, 2006.
- [30] *DEGREMONT*, 2005.
- [31] *BENZAOUI et ELBOUS*, 2009.
- [32] *EDELIN*, 1980.
- [33] *RGDS*, 2002.
- [34] *M AZRO MASTER*,.2017.
- [35] *Degremont*, 1989.
- [36] *MEEDDM*, 2007.
- [37] *Lazarova et Brissaud*, 2007.
- [38] « FAO, 2010 ».
- [39] « MRE,- Document interne. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 15p ». 2012.
- [40] B. Laid, « RESSOURCES HYDRIQUES: TRAITEMENT ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE », *Algerian journal of arid environment*, vol. 7, p. 12.

- [41] Adjou A., « - l'Algérie se met hors de danger par 94 barrages et des ressources hydriques considérables après le pétrole restera l'eau. Mon journal (DZ), Algérie, 3p. », 2013, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.algerie360.com/algerie>
- [42] Baumont S., Jean-Philippe C. A. et Lefranc A. F., « - Réutilisation des eaux usées épurées: Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p ». 2004.
- [43] *Devaux I, 1999.*
- [44] *Monchalain (1999).*
- [45] *Crook et al., (2005).*
- [46] *Sheikh et al., 1999.*
- [47] *Tamraebt,2011.*
- [48] *Masséna, 2001.*
- [49] « 2003 | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations ».
- [50] *Asano, 1998.*
- [51] « Boue résiduaire : définition et explications », *AquaPortail*. <https://www.aquaportail.com/definition-6737-boue-residuaire.html> (consulté le 6 juillet 2022).
- [52] « Origine et nature des boues », *Actu-Environnement*. <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/origine-nature-boues.php4> (consulté le 6 juillet 2022).
- [53] Amir S, « Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, 312p. », Toulouse, 2005.
- [54] « Tout savoir sur les boues d'épuration | Centre d'information sur l'eau », 7 octobre 2020. <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/tout-savoir-boues-epuration/> (consulté le 6 juillet 2022).
- [55] *ASSSCA,2011.*
- [56] *Benelmouaz, 2015.*
- [57] *Joly & Reynaud,2003.*
- [58] *Hamzaoui & Fellah, 2014.*
- [59] *Belaid, 2010.*
- [60] *Vandermeersch,2006.*
- [61] *Aouadi et al., 2007.*
- [62] *BouchenakKhelladi, 2015.*
- [63] « Normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) ».
- [64] « Normes nationales Journal officiel Algérien (JORA, 2012) ».
- [65] « ONA,2019 ».

- [66] BeCloud.com, « Aide à l'analyse des dysfonctionnements boues activées ». <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/procedes-biologiques/procedes-a-cultures-libres/aide-a-l-analyse-des-dysfonctionnements> (consulté le 6 juillet 2022).
- [67] « Indice de boues - Paramètre de synthèse quantitatif », <https://www.sandre.eaufrance.fr/>. <https://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:PAR::CdParametre:2808::referentiel:2:html> (consulté le 6 juillet 2022).
- [68] « Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Aïn Temouchent », *meteoblue*. https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/a%c3%afn-temouchent_alg%c3%a9rie_2507901 (consulté le 7 juillet 2022).
- [69] « Rap-du-stage-Bekkouche et Meziane.docx ».
- [70] Rodier, *Rodier J, (2005) L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.*
- [71] *Mémento technique de l'eau. Tome I et II. 10ème édition française. Rueil-Maison, France, 2005.*
- [72] STRAUB et CHANDLER, « Towards a unified system for detecting waterborne pathogens. Journal of Microbiological Methods 53 (2), pp 185-197. », 2003.
- [73] RODIER .J, « *L'analyse de l'eau* », 9ème. Dunond, Pazris, 2009.
- [74] Leyral G ; RONNEFOY C ; GUILLET F, « Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, p : 245. », Paris, 2002.
- [75] « Norme NF T 90-145, 1985, Recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo tolérants. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide(NPP), AFNOR, Paris. », pARIS, 1985.
- [76] Hacene H, « Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome1,477p », 2016.
- [77] OMS, « Directives de qualité de l'eau de boisson, 2é n i c édition, Vol. 1 : Recommandations. OMS, Genève, pp. 8-30. », 1994.
- [78] OMS, « Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050. », Genève, 2004.
- [79] « Norme NF EN ISO 9308-3 .Méthode miniaturisée pour la recherche et le dénombrement d'Escherichia coli (E.coli) dans les eaux de surface et résiduaires par ensemencement en milieu liquide », 1999.
- [80] Annie C et Françoise P, « Le préparateur en pharmacie, dossier 4 : Microbiologie – Immunologie, Broché– décembre 2000 », 2001.
- [81] FRANCK, *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. , ppl65-239. Bordeaux, 2002.*
- [82] Figarellaet Guy L et Michèle T, *MICROBIOLOGIE. Tome 2, Microbiologie Appliquée, Volume 2,10 oct. 2001 - 240 pages.* 2001.
- [83] ISO, « Rcherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfitoréducteurs (clostridia)-partie 1 : méthode par enrichissement dans dans un milieu liquide. » 1986.

- [84] PNUE / OMS., « Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe: 168p », Copenhague, 1977.
- [85] BERCHE P.GAILLARD JEAN-LOUIS et SIMONET-MICHEL, *Bactériologie : Les bactéries des infections humaines. Pages :39,77,78,100,138,268,269.* France, 1991.
- [86] Baumont S., Camard J.P., Lefranc A et Franconi A., « « Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS »(Observatoire régional de santé d'Ile-de-France), 220 p. », France, 2004.
- [87] *AULICINO et al 1996.*
- [88] Tfeyeche, « Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire master. universite kasdi merbah », Ouargla, 2014.
- [89] Asano T , *Wastewater reclamation and reuse. Ed,Water quality management library, 1475p.* 1998.
- [90] *Tamrabet et al, 2003.*
- [91] *NAFISSA BETAOUAF,2012.*
- [92] *LAID BOUCHAALAL 2017.*
- [93] M. Caron, « Les différents types de gazons », *Futura.* <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/jardin-gazon-tous-conseils-bien-choisir-soigner-2389/page/2/> (consulté le 7 juillet 2022).
- [94] Admin, « En combien de temps pousse le gazon ? », *Le Blog du Bricoleur*, 30 novembre 2020. <https://leblogdubricoleur.net/2020/11/30/en-combien-de-temps-pousse-le-gazon/> (consulté le 7 juillet 2022).
- [95] Maude, « Combien de temps met un gazon pour pousser ? Decodambiance », *Decodambiance*, 23 juillet 2021. <https://www.decodambiance.com/combien-de-temps-met-gazon-pour-pousser/> (consulté le 7 juillet 2022).
- [96] « Tout ce que vous vouliez savoir sur le gazon! », *Gamm vert.* <https://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/tout-ce-que-vous-vouliez-savoir-sur-le-gazon> (consulté le 7 juillet 2022).
- [97] « Gazon — Wikipédia ». <https://fr.wikipedia.org/wiki/Gazon> (consulté le 7 juillet 2022).
- [98] *J. MABROUR et al.,2004.*
- [99] *C. Lacmote., 1998.*
- [100] *Abdelouhab et al,1988.*
- [101] *Wyoming, Etats-Unis.*
- [102] BOUGDAH NABIL., « Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la Bentonite 39-42 », 2007.
- [103] *Marchal. R et al., 1995.*

- [104] « memoire.pdf ». Consulté le: 7 juillet 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/6580/1/memoire.pdf>
- [105] « Organisation internationale de normalisation (ISO), «ISO en bref» », sept. 2015.
- [106] « Site de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) : <https://www.iso.org/> ».
- [107] VINEL M., « «Le système de management par étapes appliqué à une PME », Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme d'hygiéniste du travail et de l'environnement, Conservatoire national des arts et métiers, » Paris, 2011.
- [108] BOUBAKER L., « « Contribution à l'intégration d'une politique environnementale dans les activités des entreprises algériennes en vue d'une amélioration de leurs performances environnementales », Thèse pour le doctorat en Hygiène & Sécurité Industrielle, » Université Hadj-Lakhdar Batna, Algérie, 2012.
- [109] MOUNGUENGUI A., « «Préparation de l'ISO 14001 au sein du Centre de Recherche et d'Etudes Européen de Cavaillon de SAINT-GOBAIN », Mémoire de Master de Management de la qualité, » Université de technologie Compiègne, 2011.
- [110] HALATA L., « «Impact de la certification environnementale ISO 14001 sur la performance environnementale d'une entreprise algérienne: cas de l'entreprise nationale des industries de l'électroménager », Mémoire de magister, » UMMTO, 2012.
- [111] CHARDONNET A. THIBAUDON A., « «Le guide du PDCA de Deming: progrès continu et management », Éditions d'Organisation, » 2003.
- [112] « Association française de normalisation (AFNOR), «Système de management environnemental: Exigences et lignes directrices » », décembre 2004.
- [113] BAURAING E., NICOLAS J., VON FRENCKELL M., « « Mise en place d'un système de management environnemental », Ministère de la région de Wallone, » déc. 2008.
- [114] « Organisation internationale de normalisation (ISO), «Les principaux avantages d'ISO 14001 », » 2015.
- [115] HADJ SLIMANE-KHEROUA H., AYAD S., « « La Réalité de la Responsabilité Sociale de l'Entreprise (RSE) en Algérie: Cas de NCA ROUIBA », International Journal of Business & Economic Strategy, » 2013.
- [116] « Site de l'Office National de l'Assainissement (ONA): <https://www.ona-dz.org/> ».
- [117] HARIZ S., « « Etude Critique du Système de Management Environnemental au Niveau des Entreprises Algériennes », Mémoire de Magister en Hygiène et Sécurité Industrielle », Université Hadj Lakhdar Batna, Algérie, 2009.
- [118] FRANCIS P., STEELE R., « « Système de management environnemental: Liste de contrôle à l'usage des PME », » Centre du Commerce International, 2010.
- [119] « Manuel environnemental de l'ONA, «Système de Management Environnemental ISO 14001 » », juin 2012.

- [120] BOUTAUD A., « « Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement ? » », Ecole nationale supérieure des Moines de st-etienne, 2005.

Annexes

Annexe du chapitre 01

Annexe 1.1 : Tableau des recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2000)

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

* Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

* Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

* Pendant la période d'irrigation.

* Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

* Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

Annexe 1.2 : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées

Tableau I.1: Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées

Germes	Organismes	Maladie
Les bactéries pathogènes	Salmonella Shigelles	Typhoïde Dysenterie
Entérobactérie vibrions	Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibrion coma	Tuberculose Cholera
Les Virus	Entérovirus Reovirus Adénovirus Rota virus	Poliomyélite Méningite Affection respiratoire, diarrhée
Les parasites et Les champignons	Taenia, ascaris	Lésions Viscérales Eczéma, Maladie de la peau

Annexe 1.3 : Classification des eaux d'après leur pH**Tableau 1.1 :** Classification des eaux d'après leur pH

pH < 5	Acidité forte présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité de eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Annexe 1.4 : Normes de rejets internationales OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/1
DCO	<90 mg/1
MES	<20 mg/1
NH+4	<0,5 mg/1
NO2	1 mg/1
NO3	<1 mg/1
P2O5	<2 mg/1
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Annexe 1.5 : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Condition de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux a (nbre, d'œuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre/100 ml) moyenne géométrique	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	< =1	< = 1000d	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	< =1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé d'élimination des Helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

Annexe 1.6 : Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JORADP, 2012).

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (oeufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	< 1	Seuil recommandé < 1000
Cultures du groupe précédent (CFU/10 0ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	1000

Annexe 1.7 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JORADP, 2012).

	Paramètres	Unité	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR =		
	0-3 CE		0.2
	3-6	ds/m	0.3
	6-12		0.5
	12-20		1.3
	20-40		3
Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO ₃ -N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO ₃)	meq/l	8.5
Éléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	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 et alcalin

Annexe du chapitre 02

Les quatre étapes de la digestion anaérobie :

a) L'hydrolyse :

Cette phase concerne la dégradation de molécules organiques complexes en monomères.

Les composés tels que les polysaccharides (comme la cellulose), les protéines, les lipides sont hydrolysés en sucres simples, en acides aminés et en glycérol et acides gras respectivement.

Cette transformation est assurée par des enzymes extracellulaires. La plupart des molécules solubles sont facilement hydrolysables. Mais cette étape peut s'avérer délicate dans le cas des composés peu solubles ou solides, comme c'est le cas pour les déchets.

(Pierre BUFFIERE, 2007)

On peut schématiser les réactions d'hydrolyse enzymatique comme suit, en considérant la dégradation de cellulose en glucose, où les enzymes joueraient le rôle de catalyseur. (Talhaoui.F, 2011).

b) L'acidogène :

Cette phase, également appelée phase fermentative, transforme les différents monomères issus de l'hydrolyse en acides organiques à courte chaîne (2 à 6 carbones) ; les principaux acides produits sont l'acide acétique, l'acide propionique et l'acide butyrique.

Comme son nom le suggère, la phase d'acidogènes se traduit donc souvent par une acidification du milieu. Elle est généralement rapide en raison du fort taux de croissance des bactéries mises en jeu. D'autres co-produits sont également générés comme le dioxyde de carbone et l'hydrogène, ainsi que de l'azote ammoniacal (sous forme NH_4 ou NH_3) dans le cas de l'hydrolyse des protéines. (Pierre BUFFIERE, 2007).

Les microorganismes réalisant cette étape peuvent aussi bien être anaérobies facultatifs (du genre *Acetobacter* ou *Streptococcus*) ou strictement anaérobies (*Clostridium*). (Angelidaki, I and Ellegaard; 2002).

c) L'acétogénèse :

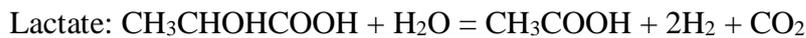
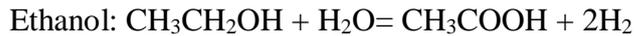
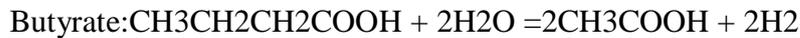
• Bactéries acétogènes productrices obligées d'hydrogène :

L'étape d'acétogénèse recouvre la transformation d'un petit nombre de composés simples en acétate, bicarbonate et hydrogène. Les bactéries qui réalisent cette étape sont désignées comme les bactéries productrices obligées d'hydrogène (OHPA).

Cependant, l'accumulation d'hydrogène bloque leur développement, et il doit être éliminé.

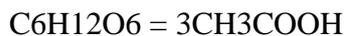
Cette élimination est réalisée soit par les bactéries méthanogènes consommant l'hydrogène, soit par les bactéries sulfato-réductrices (réduction des sulfates en sulfures). Le groupe des bactéries acétogènes est souvent désigné sous le nom de bactéries syntrophes (de syn : ensemble et tropheïn : manger), parce qu'elles fournissent à leurs

partenaires métaboliques leur source de carbone ou leur énergie (hydrogène, bicarbonate ou acétate). Les relations de syntrophie entre les espèces sont souvent considérées comme une clef de voûte de la réaction. (Pierre BUFFIERE, 2007).



- Bactéries mono ou homoacétogènes :

Ces organismes ont une production exclusive d'acétate, soit à partir du bicarbonate et de l'hydrogène, soit en hydrolysant des composés à chaîne plus longue. Elles contribuent à la régulation de l'hydrogène dans le milieu, notamment en utilisant l'hydrogène des bactéries productrices obligées. (Pierre BUFFIERE, 2007).



d) La méthanogénèse

Les espèces méthanogènes utilisent principalement comme substrats l'acétate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène. Leur taux de croissance est plus faible que celui des bactéries acidogènes, elles présentent des différences significatives avec les autres bactéries, tant du point de vue de la structure que du matériel génétique. Les espèces méthanogènes les plus courantes sont généralement réparties en deux groupes :

- **Les méthanogènes acétotrophes** responsables de 70 % de la production de méthane
- **Les méthanogènes hydrogénotrophes** qui utilisent l'hydrogène et le dioxyde de carbone. (Pierre BUFFIERE, 2007).

Annexe du chapitre 05

Annexe 5.1 : Politique environnementale de l'ONA Version 14



POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

L'Office National de l'Assainissement (ONA), créé par Décret exécutif N°01-102 du 21 Avril 2001, est un Etablissement Public national, à caractère Industriel et Commercial (EPIC), exerçant son activité sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement.

A travers ses Zones et ses Directions, l'Office National de l'Assainissement est chargé de la protection de l'environnement hydrique et de la mise en œuvre de la politique d'assainissement en concertation avec les collectivités locales.

Dans ce cadre, l'ONA adhère aux grands principes de la gestion environnementale des aspects et impacts générés par ses activités.

Ainsi, et dans le cadre de l'amélioration continue et de l'extension de son système de management la Direction Générale de l'ONA renouvelle la certification de son périmètre d'application du SME aux sites suivants :

1. Laboratoire Central ;
2. Système d'assainissement « Est » de la ville de Tizi-Ouzou (Unité de Tizi Ouzou / Zone de Tizi Ouzou) ;
3. Système d'assainissement de la ville de Tlemcen (Unité de Tlemcen / Zone d'Oran) ;
4. Station de lagunage naturel de Oued Taria (Unité de Mascara / Zone d'Oran) ;
5. Système d'assainissement de Bougaa-Hammam Guergour (Unité de Sétif / Zone de Sétif) ;
6. Système d'assainissement de la ville de Boumerdès (Unité de Boumerdès / Zone d'Alger) ;
7. Système d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbès (Unité de Sidi Bel Abbès / Zone d'Oran) ;
8. Système d'assainissement de la ville de Zemmouri (Unité Boumerdès / Zone d'Alger) ;
9. Système d'assainissement de Sidi Merouane (Unité de Mila / Zone de Constantine) ;
10. Système d'assainissement de la ville de Kouinine (Direction d'assainissement d'El Oued) ;
11. Système d'assainissement de la ville de Médéa (Unité de Médéa / Zone d'Alger) ;
12. Système d'assainissement de la ville de Bouira (Unité de Bouira / Zone de Tizi-Ouzou) ;
13. Système d'assainissement d'El Eulma (Unité de Sétif / Zone de Sétif) ;
14. Système d'assainissement de Timgad (Unité de Batna / Zone de Batna) ;
15. Système d'assainissement de la ville de Jijel (Unité de Jijel / Zone de Constantine).

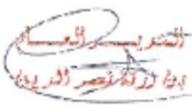
Aussi, et conformément à la norme ISO 14001, visant à atteindre les objectifs environnementaux fixés, l'ONA s'engage à :

- ▶ Se conformer à la réglementation nationale en vigueur, et répondre aux autres exigences auxquelles l'ONA a souscrit.
- ▶ Prévenir et réduire toutes les formes de pollution générées par son activité.
- ▶ Assurer une gestion intégrée des déchets par :
 - La valorisation des sous-produits de l'épuration (boue et eau épurée) ;
 - La mise en place d'un système de tri sélectif des déchets à fin de les valoriser ;
 - L'instauration d'une politique de compétitivité, relative à la valorisation des déchets, entre les différents systèmes d'assainissement certifiés.
- ▶ Assurer le suivi du dispositif d'optimisation de la consommation de l'énergie électrique.
- ▶ Assurer de manière continue la sensibilisation des employés, des sous-traitants et des partenaires sur les bonnes pratiques environnementales.
- ▶ Suivre et évaluer périodiquement la performance du SME en l'inscrivant dans une optique de développement durable.
- ▶ Mettre en place un dispositif de communication de l'engagement environnemental de l'Office aux parties externes.
- ▶ Désigner systématiquement un correspondant local pour l'environnement et créer un comité de pilotage au niveau des sites du périmètre.

En ma qualité de Directeur Général de l'ONA, je fais de l'Environnement, l'une des actions prioritaires de l'entreprise, et m'engage à :

- ▶ Allouer les ressources indispensables à la mise en œuvre des programmes environnementaux ;
- ▶ Intégrer les formes de consommation propre dans les cahiers des charges des contrats de conception des nouvelles stations d'épuration ;
- ▶ Entretien le dispositif de communication entre les différents niveaux et fonctions de l'Office ;
- ▶ Assurer la formation continue du personnel sur la gestion des aspects environnementaux de l'activité de l'ONA ;
- ▶ Améliorer les mécanismes de préservation de la santé et de la sécurité des travailleurs.

Je demande à l'ensemble du personnel de contribuer activement pour la réussite de l'engagement, auquel j'ai souscrit.




Version 14

Annexe 5.2 : Tableau de pondération et évaluation des aspects environnementaux.

Indice de pondération	1	2	3	4
Gravité (G)	Impact limité localement	Impact limité au site sans influence extérieure	Nuisance environnementale limitée à 100m. Risque de non-respect de la politique environnementale	Grave risque, dégâts importants pour la santé humaine ou l'environnement
Fréquence (F)	Exceptionnel/ Improbable	Peu fréquent de 1 à 2 fois/an	Fréquent Maximum 2 à 3 fois/mois Minimum : 1 fois/mois	Très fréquent Maximum : tous les jours Minimum : 1 fois/semaine
DéTECTABILITÉ (D)	Détection systématique. Procédure existante et correctement appliquée	Détection rapide probable Procédures et moyens de contrôle imprécis	Détection possible Correction difficile Procédures insuffisantes ou inadéquates	Détection inexistante ou déficiente. Données ou procédures manquantes

Annexe 5.3 : Liste des objectifs fixés lors de la RD du cycle 2016/2017 du SME de la STEP de Bouzedjar

Objectifs	Actions	Responsable et ressources allouées	Echéances
Amélioration des indicateurs	Revoir le ratio énergétique et les temps de by-pass fixés comme cibles pour le cycle suivant.	Chef de la STEP/ Chef du service exploitation/ Correspondant SME	Prochain programme environnemental
Epuration des eaux	Demande de réparation et réhabilitation des pompes de relevage pour la SR02	Directeur de l'unité (100000DA)	Décembre 2017
Gestion intégrée des déchets	Aménagement d'une aire de stockage pour les déchets de peinture pour libérer de l'espace	Chef de STEP/ Chef de service des moyen (25000DA)	En cours de réalisation
	Etablir une convention pour la récupération des cartouches d'encre et toners.	Directeur d'unité/ Correspondant SME	Décembre 2017
Formation continue est maitrise des AES	Programme de formation dans le domaine de l'environnement pour le personnel exerçant dans le périmètre d'exploitation	Directeur de ressources humaines et financières (DRHF) Directeur zone	Décembre 2017
	Formation du correspondant SME sur l'ISO 14001 (v. 2015)	DRHF/ Directeur Zone	Octobre 2017

Minimiser les risques	Installation d'un système d'alarme au niveau des points à risques dans la STEP de Bouira	HST/ Chef de service des moyens (200000DA)	Décembre 2017
Elargir le champ d'exploitation	Exploitation de la SR01 pour augmenter le débit d'eau à épurer	Directeur d'unité/Chef de centre Bouira/Chef de service exploitation	Décembre 2017
Initiation à l'utilisation des « énergies renouvelables	Installation d'un chauffe-eau solaire pour les douches de la SR02	Chef de STEP/ Chef de service des moyens	Décembre 2017

Annexe 5.4 : Tableau de correspondance entre les versions 2015 et 2004 de la norme ISO 14001

ISO 14001 : 2015	ISO 14001 : 2004
<p>Contexte de l'organisation (titre uniquement)</p> <p>4.1 Comprendre l'organisation et son contexte 4.2 Comprendre les besoins et les attentes des parties intéressées</p> <p>4.3 Déterminer le champ d'application des systèmes de management</p> <p>4.4 Système de management environnemental</p> <p>Leadership (titre uniquement)</p> <p>5.1 Leadership et engagement</p> <p>5.2 Politique environnementale</p> <p>5.3 Rôles organisationnels, responsabilités et autorités</p> <p>Planification (titre uniquement)</p> <p>6.1 Actions pour traiter le risque associé aux menaces et opportunités (titre uniquement)</p> <p>Généralités</p> <p>Aspects environnementaux notables</p> <p>Obligations de conformité</p> <p>Risque associé aux menaces et opportunités</p> <p>Prise d'action planifiée</p> <p>6.2 Objectifs environnementaux et planification pour les atteindre</p> <p>Objectifs environnementaux</p> <p>Planifier des actions pour atteindre des objectifs environnementaux</p> <p>Aide (titre uniquement)</p> <p>7.1 Ressources</p> <p>7.2 Compétence</p> <p>7.3 Sensibilisation</p> <p>7.4 Communication (titre uniquement)</p>	<p>4.1 Exigences générales environnemental</p> <p>4.2 Politique environnementale</p> <p>4.4.1 Ressources, rôles, responsabilité et autorité</p> <p>4.3 Planification (titre uniquement)</p> <p>4.3.1 Aspects environnementaux</p> <p>4.3.2 Exigences légales et autres</p> <p>4.3.3 Objectifs, jalons et programme(s) (titre uniquement)</p> <p>4.3.3 Objectifs, jalons et programme(s)</p> <p>4.4 Mise en œuvre et</p>

Généralités	fonctionnement (titre uniquement)
2 Communication interne	
3 Communication externe	4.4.1 Ressources, rôles, responsabilité et autorité
7.5 Informations documentées (titre uniquement)	4.4.2 Compétences, formation et sensibilisation
Généralités	
2 Création et mise à jour	4.4.3 Communication
3 Contrôle des informations documentées	
3 Fonctionnement (titre uniquement)	4.4.4 Documentation
8.1 Planification et contrôle opérationnels	
8.2 Préparation et réponse à l'urgence	4.4.5 Contrôle de la documentation
9 Évaluation des performances (titre uniquement)	4.5.4 Contrôle des enregistrements
9.1 Suivi, mesure, analyse et évaluation (titre uniquement)	4.4.5 Contrôle de la documentation
9.1.1 Généralités	4.5.4 Contrôle des enregistrements
9.1.2 Évaluation de conformité	
9.2 Audit interne	4.4 Mise en œuvre et fonctionnement (titre uniquement)
9.3 Revue de direction	4.4.6 Contrôle opérationnel
10 Amélioration (titre uniquement)	4.4.7 Préparation et réponse à l'urgence
10.1 Non-conformité et action corrective	4.5 Vérification (titre uniquement)
	4.5.1 Suivi et mesure
	4.5.2 Évaluation de conformité
	4.5.5 Audit interne
	4.6 Revue de direction
10.2 Amélioration continue	4.5.3 Non-conformité, action corrective et action préventive