

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des sciences et Techniques



N° Ref :.....

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques

**APTITUDE DES EAUX USEES EPUREES DE LA
STATION DE SIDI MEROUANE A
L'IRRIGATION**

Réalisé par :

- Lehchilli Nouh
- Benchaoui Amine
- Benabdelaziz Noureddine

Soutenu devant le jury :

Mme. CHEBBAH Linda	M.A.A	CUAB MILA	Présidente
Mr. KOUSSA Miloud	M.A.A	CUAB MILA	Examineur
Mr. ATHAMENA Ali	M.A.A	CUAB MILA	Promoteur

Année universitaire : 2015/2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des sciences et Techniques



N° Ref :.....

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme

de MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques

**APTITUDE A L'IRRIGATION PAR LES EAUX
USEES EPUREES –CAS STATION DE SIDI
MEROUANE MILA**

Réalisé par :

- Lehchilli Nouh
- Benchaoui Amine
- Benabdelaziz Noureddine

Soutenu devant le jury :

Mme. CHABBEH Linda

Mr. KOUSSA Mouloud

Mr. ATHAMENA Ali

Présidente

Examineur

Promoteur

Année universitaire : 2015/2016

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères dans ma vie, mes parents à qui je ne pourrais jamais les remercier assez, pour leur soutien moral et matériel, leur compréhension, leur tendresse, leurs amours et leurs sacrifices :

Mon père : Tamime ;

Ma très chère mère : Fatima ;

A mes frères : Younes, Daoud, Aissa ;

Ma soeur : Soumia; mes tantes : Saliha, Roukia ; mes oncles : Ramdane, Nouredine, Moussa, Youssef, mouhamed et mes cousins :

yacoub, Ilyes, Ishak, Ismail, Ahmed. Samira

A mes amis de la promotion : Benchaoui Amine , Benabdelaziz Aoureddine, Kherbouche Aerouane, Beriber Azzdine.

A mes amis : Abdesattar Boulares, Benziane Oussama, Djamel Ancer , Ibrahim Boukezzoula, Said Bogassa

LEHCHILLI NOUH

Dédicace

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans l'encouragement des membres de ma famille que je tiens à remercier et à qui je dédie ce modeste travail, tout d'abord aux deux personnes les plus chères de ma vie :

Ma mère, la lumière qui m'a toujours éclairée le chemin. A celle qui a tout fait pour ma réussite, pour sa douceur, sa tendresse, ses sacrifices et ses prières.

Mon père, à qui je dois tout le respect, pour son soutien, son encouragement et surtout sa confiance en moi.

A mon « godfather » Z. Abderrahmane.

A tous mes amis, à vous Rida, Cherif, Imed, Hassen Nadir Massoud et Rida2.

A mes frères et sœurs : Houssine, Chouibe et Souhibe.

A tous ceux qui m'aiment et ceux que j'aime.

Nouredine

Dédicaces

Grace a dieu tout puissant, Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille, Ma très cher mère et mon père, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travaille.

Mes frères et Mes sœurs.

A mes très cher trinômes (nouh lehchili et noureddin benabdleaziz)

Mes amis et collègues notamment les étudiants qui m'encourager (Ahmed, Ayoub, Azeddin, Akram, Saber, imen, amina, amel kznza)

Merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Mon encadreur qui mon soutenu au long de mes travaux (je vous remercié).

Amine Benchaoui

Remerciement :

Nous remercions Allah le tout puissant, pour nous avoir donnée la santé, le courage la volonté et pour nous avoir permis de réalisé ce modeste dans les meilleurs conditions.

Nous amerrissons exprimer noter gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu nos apporter notre promoteur Mr : **ATHAMENA. Ali**

Notre remerciement également à :

Tous ceux de la STEP de sidi merouane en particulier Mr : sebti Mm :

De leur aides tout les personnel de département **ST** sans exception.

Tous ceux qui contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Tous le enseignants qui ont contribué à notre formation du première jusqu'au cycle universitaire.

Aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner notre travail.

Enfin un grand merci tout spécial à nos parents qui nous ont permis poursuivre notre études, à nos frères, ainsi qu'à tous nos amis qui n'ont cessé de nos soutenir et de nous encourage au cour des années d'étude et de nous avoir plus d'une fois redenté le moral. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos profondes reconnaissances





SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : LES RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE

I-1 Introduction	3
I-2 les ressources en eaux existantes en Algérie	3
I-3 Les potentialités globales en eau.....	3
I-4 Capacités de mobilisation.....	5
I-5 la consommation des ressources.....	8
I-5-1 Évolution du développement de l'irrigation.....	9
I-6 Les ressources Non conventionnelles	11
I-6-1 Le dessalement.....	11
I-6-2 Réutilisation.....	12
I-6-3 Déminéralisation.....	14
I-7 Comment gérer les ressources en eau de manière durable.....	15
I-8 Les indicateurs de disponibilité des eaux.....	16
I-8-1 L'indice d'exploitation.....	16
I-8-2 Seuil tolérés.....	16
I-8-3 Le degré « d'indépendance » des pays est fonction de la proportion	17
des ressources naturelle d'origine externe dans le bilan hydraulique	
I-10 Conclusion.....	18

CHAPITRE II : EAUX USEES ET EPURATION

II-1 Introduction.....	19
II-2 Définition des eaux usées.....	20
II-3 Origine des eaux usées.....	20
II-3-1 Les eaux usées domestiques.....	20
II-3-2 Les eaux usées industrielles.....	21
II-3-3 Les eaux agricoles	21
II-3-4 Les eaux pluviales.....	21
II-4- Caractéristiques des eaux usées.....	21

II-4-1 Les paramètres physiques des eaux usées.....	22
II-4-1-1 La température.....	22
II-4-1-2 La couleur.....	22
II-4-1-3 Les matières en suspension (MES)	22
a - Les matières volatiles en suspension (MVS)	22
b - Les matières minérales (MMS)	22
II-4-2 Les paramètres chimiques des eaux usées.....	22
II-4-2-1 Le pH.....	22
II-4-2-2 La conductivité électrique (CE)	23
II-4-2-3 La demande biochimique en oxygène (DBO5)	23
II-4-2-4 La demande chimique en oxygène (DCO)	23
II-4-2-5 La biodégradabilité.....	23
II-4-2-6 Oxygène dissous.....	24
II-4-2-7 Les matières azotées.....	24
II-4-2-8 Matières phosphatées.....	24
II-4-3 Paramètres bactériologique.....	24
II-4-3-1 germes totaux	25
II-4-3-2 Coliformes totaux.....	25
II-4-3-3 Coliformes fécaux.....	25
II-4-3-4 Streptocoques fécaux.....	25
II-4-3-5 Protozoaires.....	25
II-4-3-6 Helminthes.....	25
II-4-3-7 Virus.....	26
II-5 Pollution des eaux.....	26
II-5-1 Origine des polluants et types de pollutions industrielles.....	27
II-5-1-1 Pollution physique.....	27
a- Pollution mécanique.....	27
b- Pollution thermique.....	27
c- Pollution radioactive.....	27
II-5-1-2 Pollution chimique.....	27
1- Pollution organique.....	27

2- Pollution minérale.....	29
II-5-1-3 Pollution microbiologique.....	29
II-6- L'épuration des eaux usées.....	29
II-6-1 Nécessité et objectif de l'épuration.....	30
II-6-2 Les prétraitements.....	30
II-6-3 Traitement primaire.....	32
II-6-4 Traitement secondaire.....	34
II-6-5 Traitement tertiaire.....	36
II-7 Les Différents types des STEP.....	38
II-7-1 station d'épuration	38
a) STEP à Lit bactérien.....	39
b) STEP à Disques biologiques.....	40
c) STEP à Boue activée.....	41
d) Le lagunage.....	42
II-8 les normes de rejet des eaux usées et eaux épurées.....	43
II-8-1 Normes de rejet des eaux résiduaires en Algérie.....	43
II-8-2 Normes de rejet des effluents épurées.....	45
II-8-2-1 Norme Algérienne des effluents épurées.....	45
II-8-2-2 Normes internationale.....	46
II-9 Conclusion.....	48

CHAPITRE III : FONCTIONNEMENT E LA STEP DE SIDI MEROUANE

III-1 INTRODUCTION.....	49
III-2 La situation géographique de la commune de sidi merouane.....	50
III-3 La situation démographique.....	50
III- 4 Situation géographique de la STEP de SIDI-MEROUANE.....	51
III-4-1 Station d'épuration des eaux usées (STEP) de la ville de sidi merouane....	52
III-4-2 L'impact de la station d'épuration.....	54
III-5 caractéristiques de la station de sidi- Merouane.....	54
III-5-1 la capacité de la STEP de sidi-Merouane.....	54
III-5-2 la charge hydraulique de la STEP de sidi-Merouane.....	54

III-6 description de différents ouvrages et principe de fonctionnement	55
de la STEP de sidi merouane.	
III-6-1 Dégrillage grossier.....	56
III-6-2 Poste de relèvement des eaux brutes.....	56
III-6-3 Dégrillage fin.....	57
III-6-4 Comptage Des Effluents.....	58
III-6-5 Dessablage-déshuilage.....	58
III-6-5-1 les pompes à sables.....	59
III-6-5-2 classificateur à sable.....	59
III-6-6 La désodorisation biologique.....	59
III-6-7 Le traitement biologique.....	60
III-6-7-1 Le chenal avec zone anoxie et aérée.....	61
III-6-7-2 la zone d'anoxie amont.....	62
III-6-7-3 La zone anaérobie.....	62
III-6-8 Le dégazage.....	63
III-6-9 La clarification et la recirculation des boues.....	64
III-6-10 Comptage et production des eaux de service.....	66
III-6-11 Déshydratation Des Boues.....	67
III-6-12 Séchage Des Boues.....	69
III-6-13 Poste toutes eaux.....	71
III-6-14 Echantillonnage des eaux.....	72
III-6-14-1 Prélèvement.....	72
III-7 Conclusion.....	74

CHAPITRE IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV- 1 Introduction.....	75
IV-2 PARTIE EXPERIMENTALE.....	75
IV-2-1 Résultat et discussion des analyses des paramètres	79
physico-chimiques de pollution.	
a- La matière en suspension (MES)	79
b- Le potentiel d'hydrogène (PH)	80
c- La demande biologique en oxygène (DBO5)	81

d- La demande chimique en oxygène (DCO)	82
e- L'Azote ammoniacal NH ₃	83
f- Les Nitrates NO ₃	84
g- Nitrites NO ₂	85
h- Le phosphore totale PO ₄ -3.....	86
i- La conductivité	87
j-Débit.....	88
IV-2-2 Evaluation du rendement de la STEP de la ville de Sidi Marouane.....	89
IV-3 Aptitude à l'irrigation.....	89
IV-3-1 Calcule des paramètres des eaux usées épurées pour l'usage agricole...89	
1- Le S.A.R.....	89
2- le pourcentage de sodium %Na.....	90
IV-3-2 Critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.....	90
1-SALINITÉ.....	91
2- Sodium (Na ⁺)	91
3- PH de l'eau d'irrigation.....	91
4-Les bicarbonates(HCO ₃)	91
5-Les chlorures.....	91
IV-3-3 Elément toxique chlorure Cl ⁻	92
IV-3-4 risque des bicarbonates HCO ₃ ⁻	92
IV-3-5 Les classe de S.A.R.....	93
IV-3-6 classification des eaux usées épurées par la méthode	94
de Wilcox (1948) et Richards (1954) .	
IV-3-7 le mode de réutilisation des eaux usées épurées	97
IV-3-8 Choisir des cultures tolérantes à la salinité de l'eau usée.....	98
IV-3-9 Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à fins d'irrigation.....	99
IV-3-9-1 paramètres microbiologique.....	99
IV-4 Conclusion.....	101
Conclusion général.....	102



LISTE DES FIGURES

N°	FIGURES	Page
01	Carte des 5 régions de planification hydraulique	4
02	Les potentialités par habitant	4
03	Répartition de l'eau dans le monde	5
04	Barrages et transferts des ressources en eau (Algérie)	7
05	Prélèvements d'eau par source en 2012	9
06	Techniques d'irrigation sur les superficies équipées en maîtrise totale	10
07	Evolution des capacités d'eau mer dessalée	12
08	Insuffisances de l'approche analytique (Epuración des eaux)	13
09	Evolution de l'épuration réelle et de la capacité nominale des STEP (milliers m ³ /jour)	14
10	Composition des eaux usées	20
11	Schéma générale de la Nature de la pollution des eaux	26
12	Schéma d'un traitement préliminaire d'une station d'épuration	30
13	Schéma d'un dégrilleur	31
14	Photo d'un déshuileur utilisé dans l'épuration des eaux usées	32
15	Différentes filières des stations d'épuration domestiques	38
16	Représentation d'une station d'épuration domestique : vue d'ensemble	39
17	Procédé à lit bactérien	40
18	Procédé à disque biologique	41
19	Procédé à boue activée	42
20	Procédé à lagunage	43
21	Les domaines d'utilisation des eaux usées épurées	47

22	Schéma représentatif des Communes limitrophes de la commune Sidi Merouane	50
23	Situation géographique de la STEP de sidi Merouane	51
24	Vue générale de la station de Sidi Merouane	52
25	Le fonctionnement de ces différents dispositifs	53
26	Dégrilleur grossier (1 : automatique, 2 manuel).	56
27	Dégrilleur fin (1 : automatique, 2 : manuel)	57
28	Déssableur /Déshuilleur	59
29	Désodorisation biologique	60
30	Zone aérée dans le chenal	61
31	Zone anoxie dans le chenal	62
32	Zone anaérobie	63
33	Dégazeur	64
34	Clarificateur	65
35	Recirculation des Boues	66
36	Table d'égouttage	67
37	Logement de Préparation du polymère	68
38	Filtre à Bande	69
39	Lits de séchage	70
40	Aire de stockage des boues sèches	71
41	prélèvement après dégrilleurs fins	72
42	prélèvement de l'eau à la sortie (STEP) Sidi Merouane	73

43	Graphe des variations des valeurs de MES des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	79
44	Graphe des variations des valeurs de PH des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	80
45	Graphe des variations des valeurs de DBO ₅ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	81
46	Graphe des variations des valeurs de DCO des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	82
47	Graphe des variations des valeurs de NH ₃ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	83
48	Graphe des variations des valeurs de NO ₃ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	84
49	Graphe des variations des valeurs de NO ₂ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	85
50	Graphe des variations des valeurs de PO ₄ ⁻³ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	86
51	Graphe des variations des valeurs de La conductivité des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	87
52	Graphe des variations des valeurs de Débit des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016	88
53	diagramme de richard représente les mois de janvier, février, mars, et avril 2016.	95
54	diagramme de richard représente les mois de janvier, février, mars, et avril 2016.	96



**LISTE DES
TABLEAUX**

N°	Tableau	Page
01	Transferts d'eau en Algérie	7
02	Répartition de consommation des eaux	8
03	Répartition de l'eau utilisée par usages (Source : MRE 2006).	9
04	Évolution des superficies équipées pour l'irrigation depuis l'indépendance.	10
05	Grandes unités de dessalement.	11
06	Assainissement (Epuración primaire des eaux usées urbaines).	13
07	Etat des stations de déminéralisation.	15
08	Les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives dans les eaux usées.	44
09	Normes de rejet des eaux résiduaires traitées en Algérie :	45
10	Normes de rejets internationales.	46
11	Évolution démographique de la commune de sidi Merouane.	51
12	La charge hydraulique de la STEP.	54
13	Description des équipements Dégrillage grossier	56
14	Description des équipements poste de relevage	57
15	Description des équipements Dégrillage fin	57
16	Description des équipements Comptage Des Effluents.	58
17	Description des équipements Dessablage-déshuilage	58
18	Description des équipements les pompes à sables	59
19	Caractéristique des bassins biologiques	60
20	Caractéristique de la zone aérée dans le chenal.	61
21	Caractéristique de la zone anaérobie.	63
22	Caractéristique de dégazeur.	64
23	Caractéristique de clarificateur.	65
24	Description de l'équipement de recirculation des boues	66
25	Description des équipements de comptage et production.	66
26	Description des équipements des filtres à bandes	69
27	Caractéristiques des lits de séchage des boues.	70

28	Caractéristiques d'air de stockage.	71
29	Description des équipements de poste toutes eaux.	71
30	Les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Décembre	76
31	Les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de janvier	76
32	Les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de février.	77
33	Les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Mars	77
34	Les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Avril	78
35	Résultat des analyses eaux usées épurées de la STEP	90
36	Norme de toxicité de chlorures en meq/l selon l'OMS	92
37	Le résultat des analyses des chlorures en meq/l	92
38	Norme de toxicité de HCO ₃ ⁻ en meq/l	93
39	Le résultat des analyses de HCO ₃ ⁻ en meq/l	93
40	Les classes de risque alcalin.	93
41	Les résultats de S.A.R et le pourcentage de Na ⁺ des eaux épurées.	94
42	Les différentes classes de classification et leurs interprétations.	94
43	Les cultures irriguées par les eaux épurées.	97
44	Tolérance à la salinité de quelques plantes cultivées (Adapté de FAO, 1985)	98
45	Les paramètres microbiologiques des eaux usées épurées utilisé pour l'irrigation fixés par le ministère des ressources en eau an Algérie.	99

LISTE DES ABREVIATIONS

CI : Continental Intercalaire

CT : Complexe Terminal

SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional

Hm³ : Hectomètre cube

MRE : ministère des ressources en eau

PNUD : Programme des Nations-Unies de Développement

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques

MRDA : Ministère d'agriculture et du Développement rural

STEP : Station d'épuration des eaux usées

ADE : Algérienne des eaux

ONA : Offices national d'assainissement

SDES: Student Development and Enrollment Services

EUE : Eaux usées épurées

JO : Journal officielle

C° : Degré Celsius

NTK : Azote total

NO₂ et NO₃ : Nitrite et Nitrate

PO₄ : Phosphore

FeCl₃: Chlorure Ferrique

CAO : Ciment armée ordinaire

EH : Equivalant habitant

HMT : hauteur manométrique totale

m.c.e : mètre colonne d'eau

CE : Conductivité

µs/cm : Micro siemens par centimètre

dS/m : Déci siemens par mètre

meq/l : Mili équivalent par liter

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

Ha : Hectare

MES : Matières en suspension

MVS : Matières volatile en suspension

MMS : Matière minérale sèche

PH : Potentiel hydrogène

MM : Matières minérales

MO : Matière organique

MS : Matière sèche

ppm : Partie par million

SAR : Sodium adsorption rationnel

ET : Eau traitée

EB : Eau brute

Résumé

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion, c'est la réutilisation des eaux usées en agriculture.

L'objectif de notre étude est de faire des analyses pour contrôler la qualité des eaux usées (physico-chimique et bactériologique) à l'amont et l'aval de la STEP de Sidi Merouane Mila et l'étude de l'aptitude à l'irrigation par les eaux usées épurées.

ملخص

الماء هو العامل المحدد للتنمية الزراعية, ومن المعلوم الندرة من حيث شح المياه والمخالفات في الموارد, اثنين من العوامل التي يمكن أن تزيد مع تغير المناخ.

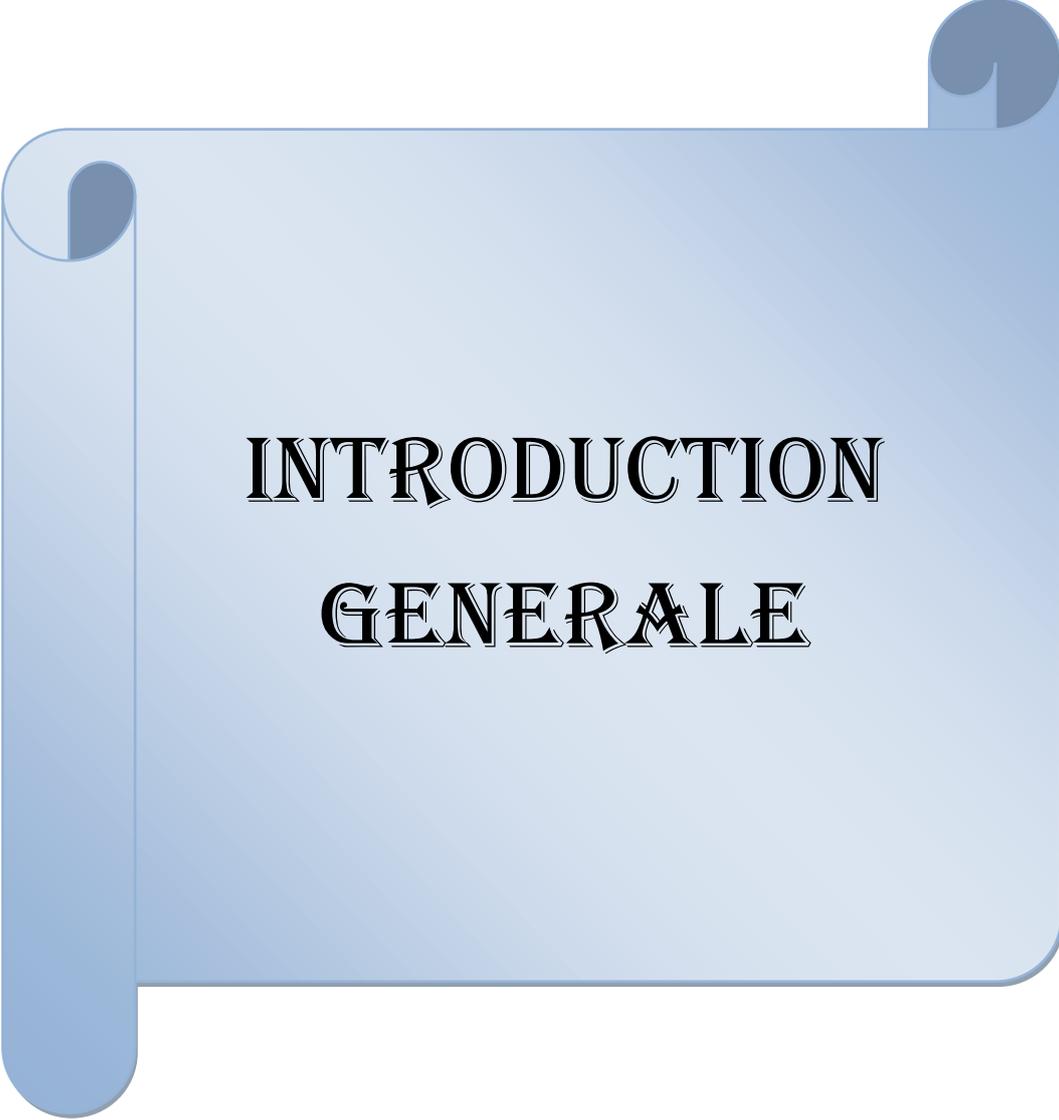
لمواجهة التحدي المتمثل في ضمان تغطية الاحتياجات من المياه لأغراض الزراعة في الجزائر, تم تنفيذ سياسة نشطة لتعبئة الموارد المائية، فضلا عن أدوات إدارة جديدة, و هي إعادة استخدام المياه العادمة في الزراعة.

والهدف من دراستنا هو إجراء تحليلات لمراقبة نوعية مياه الصرف الصحي (الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية) عند منبع و مصب محطة تطهير المياه المستعملة سيدي مروان ميله و دراسة قابلية الري بواسطة مياه الصرف الصحي المعالجة.

Abstract

Water is a limiting factor in the development of agriculture; scarcity is understood in terms of water stress and irregularity of the resource, two factors likely to increase with climate change. Face the challenge of ensuring the coverage of water needs for agriculture in Algeria , an active political mobilization of water resources has been implemented , as well as new management tools is the reuse of wastewater in agriculture .

The objective of our study is to conduct analyzes to monitor the quality of waste water (physical-chemical and bacteriological) upstream and downstream of the STEP of Sidi merouane Mila and study of the suitability for irrigation by treated wastewater.



INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

L'eau joue un rôle primordial dans l'environnement, indispensable à toutes les formes de vie, elle façonne et embellit le paysage, agit sur le climat, influe sur le milieu ambiant et représente une ressource vitale pour l'agriculture, l'industrie, la production d'hydro-électricité, les loisirs et le tourisme.

Le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute.

Un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement.

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée. Les problèmes liés aux eaux usées sont anciens que eux même et ils s'aggravent avec la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles.

Ces eaux usées pour l'essentiel sont déversées par les populations sur les terrains vagues ou tout simplement dans les milieux aquatiques (lacs, rivières, mers, etc...) utilisées comme exutoires naturels, mise en contact direct avec le milieu récepteur, les eaux usées brutes engendrent des effets néfastes notamment une nuisance liée à la stagnation de ces eaux et au dégagement d'odeurs nauséabondes, une perturbation de l'équilibre écologique du milieu naturel surtout par la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques et un risque sanitaire par contamination microbologique ou parasitaires .

L'épuration des eaux usées s'est donc imposée pour préserver la qualité des milieux naturels et notamment les eaux de surface et souterraines l'eau épurée est actuellement en majorité rejeté.

Le recyclage de l'eau dans les industries et l'utilisation de l'eau pour contribuer à diminuer la pression sur les ressources naturelles de bonne qualité.

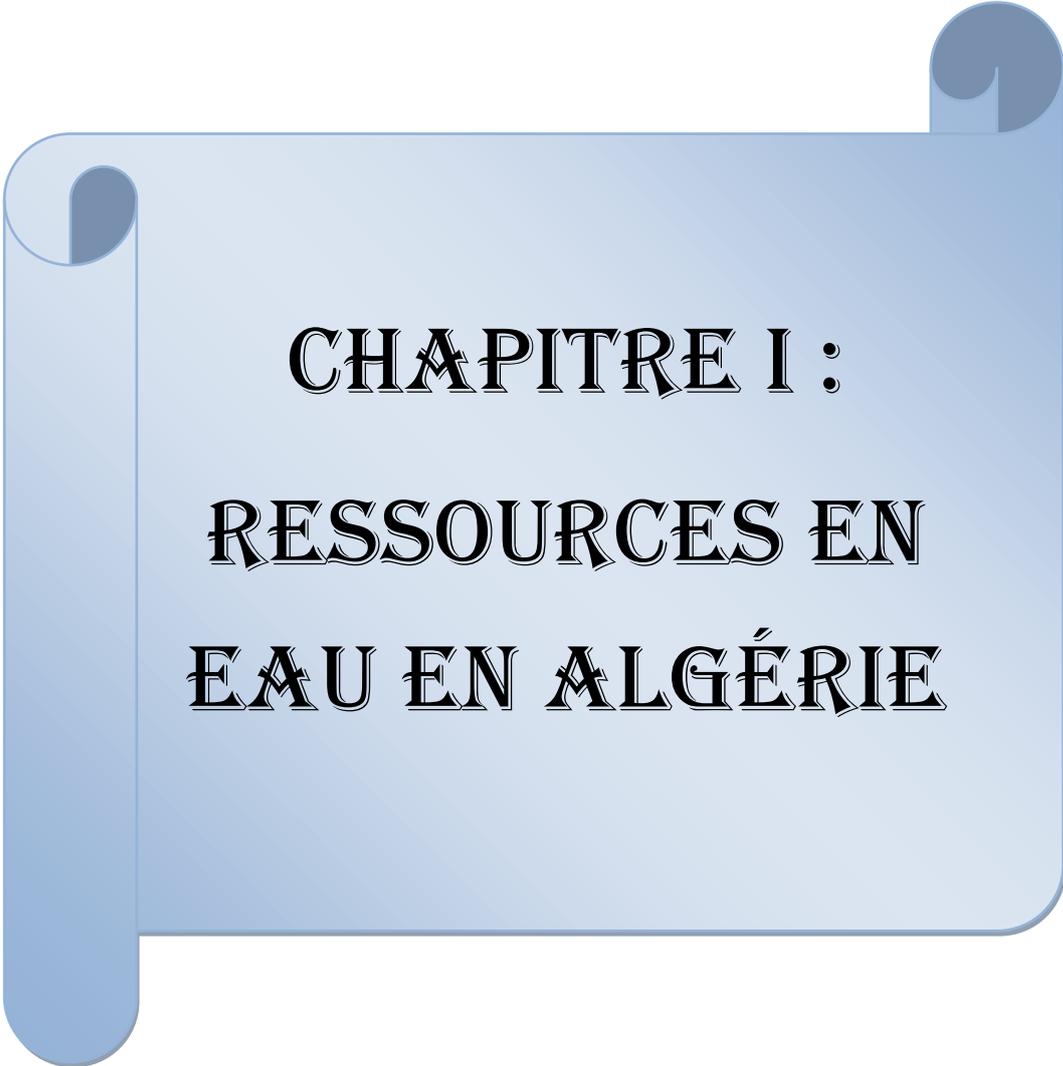
En Algérie, leur volume annuel est estimé à 600 millions de m³, dont quelque 550 millions de m³ correspond aux agglomérations de taille supérieure à 50000 habitants. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées.

De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières ou la mer, où elles réintègrent le cycle de l'eau.

Les stations d'épuration ont pour rôle d'éliminer la pollution contenue dans les Effluents domestiques avant leur rejet dans le milieu naturel. Si l'eau, en fin de traitement, est effectivement épurée, la pollution initiale se retrouve en partie stockée et concentrée dans les boues issues des diverses étapes de traitement de l'eau. Ces boues sont donc considérées comme un déchet, qu'il faut éliminer tout en respectant certaines contraintes.

Introduction générale

Le présent travail a pour but d'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées par la station de Sidi Merouane, Mila et leur aptitude à l'irrigation



CHAPITRE I :
RESSOURCES EN
EAU EN ALGÉRIE

I-1 Introduction :

L'eau est la source de toute vie. C'est un « milieu de vie » aux propriétés uniques. Sans eau, les cellules ne peuvent échanger de l'information. Sans eau, les grands cycles de régulation de l'écosystème ne pourraient fonctionner. Essentielle aux origines de la vie, elle l'est au sein même des organismes vivants et dans les communications entre eux.

De nos jours, l'eau représente 71% de l'espace sur la planète, mais 3% de l'eau douce est accessible à la consommation humaine. Cette quantité d'eau est estimée suffisante. [1]

I-2 les ressources en eaux existantes en Algérie :

L'Algérie d'une superficie avoisinant les 2,4 millions de km² se compose, d'une immense diversité géographique et climatique du nord au sud, avec des régions côtières et sub-littorales, une vaste étendue de hautes plaines, des "hauts plateaux" semi-arides et enfin un immense ensemble saharien au climat aride et hyperaride. A ces grandes disparités du milieu naturel, s'ajoute la disparité d'occupation des sols et de densité de la population. La frange côtière concentre, sur 4 % de la superficie du territoire, les deux tiers de la population alors que les régions des Hautes plaines, qui recouvrent 9 % de la superficie, regroupent le quart de la population. L'Algérie est confrontée à la rareté de l'eau, facteur limitant du développement et source de tensions sociales. La rareté est mesurée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. Éloigner le spectre du stress hydrique dans un contexte géographique et climatique fort peu favorable, voire hostile, devient l'unique préoccupation des pouvoirs publics.

Ainsi, l'Algérie se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources en eau selon le seuil de rareté fixé par le Programme des Nations-Unies pour le développement (PNUD) ou celui de la Banque mondiale à 1.000 mètres cubes par habitant et par an. [2]

I-3 Les potentialités globales en eau :

Les ressources potentiellement mobilisables en Algérie sont estimées à 18 milliards de m³, dont 10 milliards de ressources superficielles, 2,5 milliards de m³ de ressources souterraines dans le Nord et 5,5 milliards de m³ (superficielles et souterraines) dans le Sud.

Le Sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraine considérables Provenant des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT).

Les réserves d'eau y sont très importantes et sont de l'ordre de 60 000 milliards de m³ dont 40 000 Milliards sont situés en Algérie.

La particularité de cette ressource est qu'elle n'est pas renouvelable.

LES RESSOURCES EN EAUX EN ALGERIE

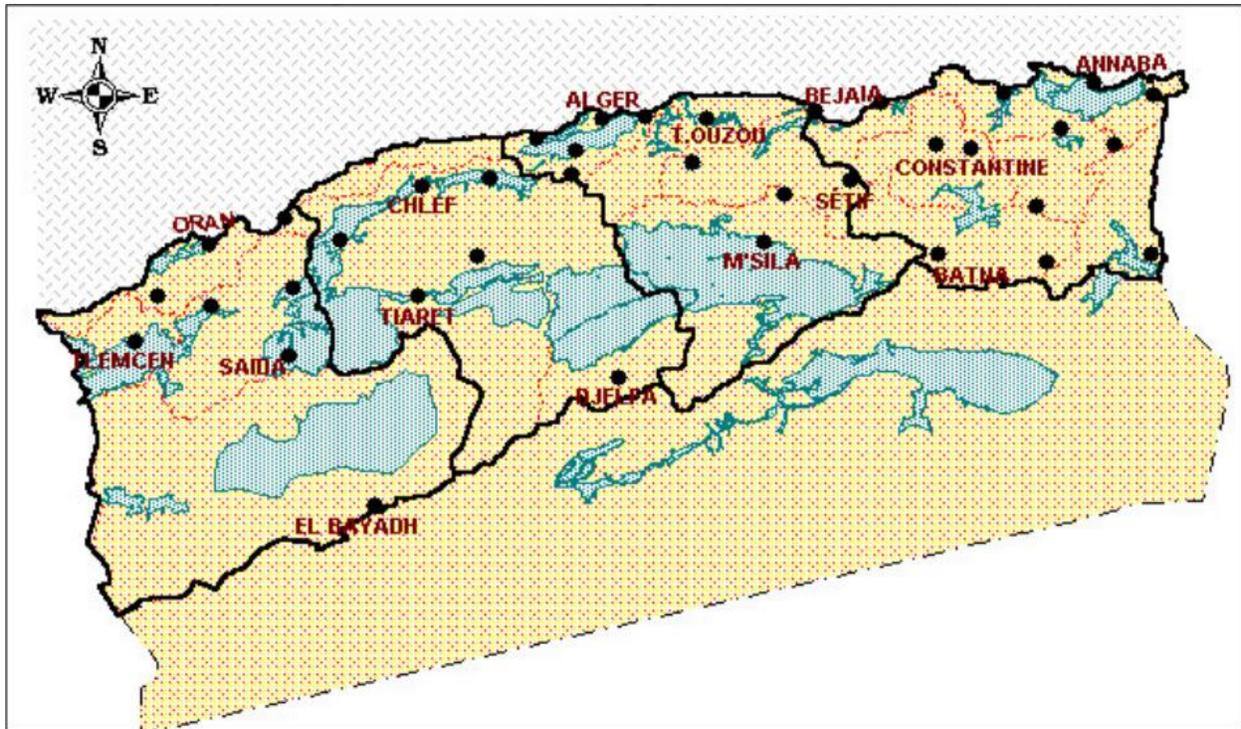


Figure N° 1: Carte des bassins hydrographique.(source : MRE)

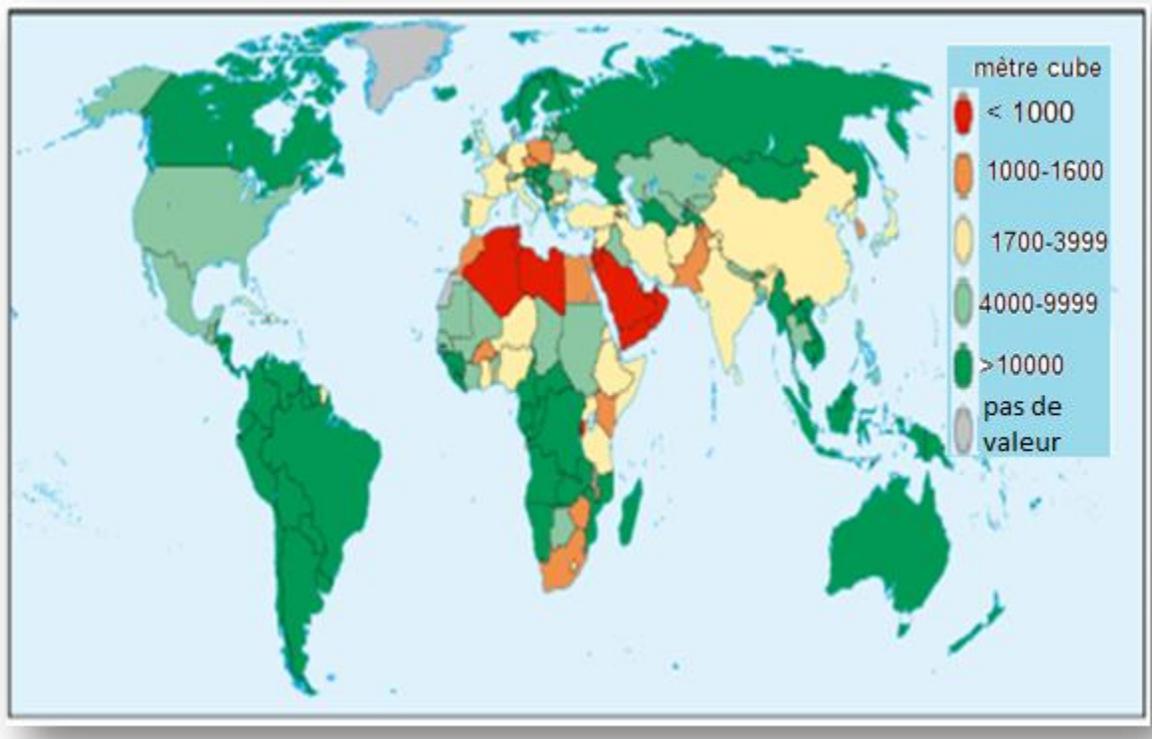


Figure N° 2: Les potentialités par habitant.
(Freshwater resources per capita.2000)

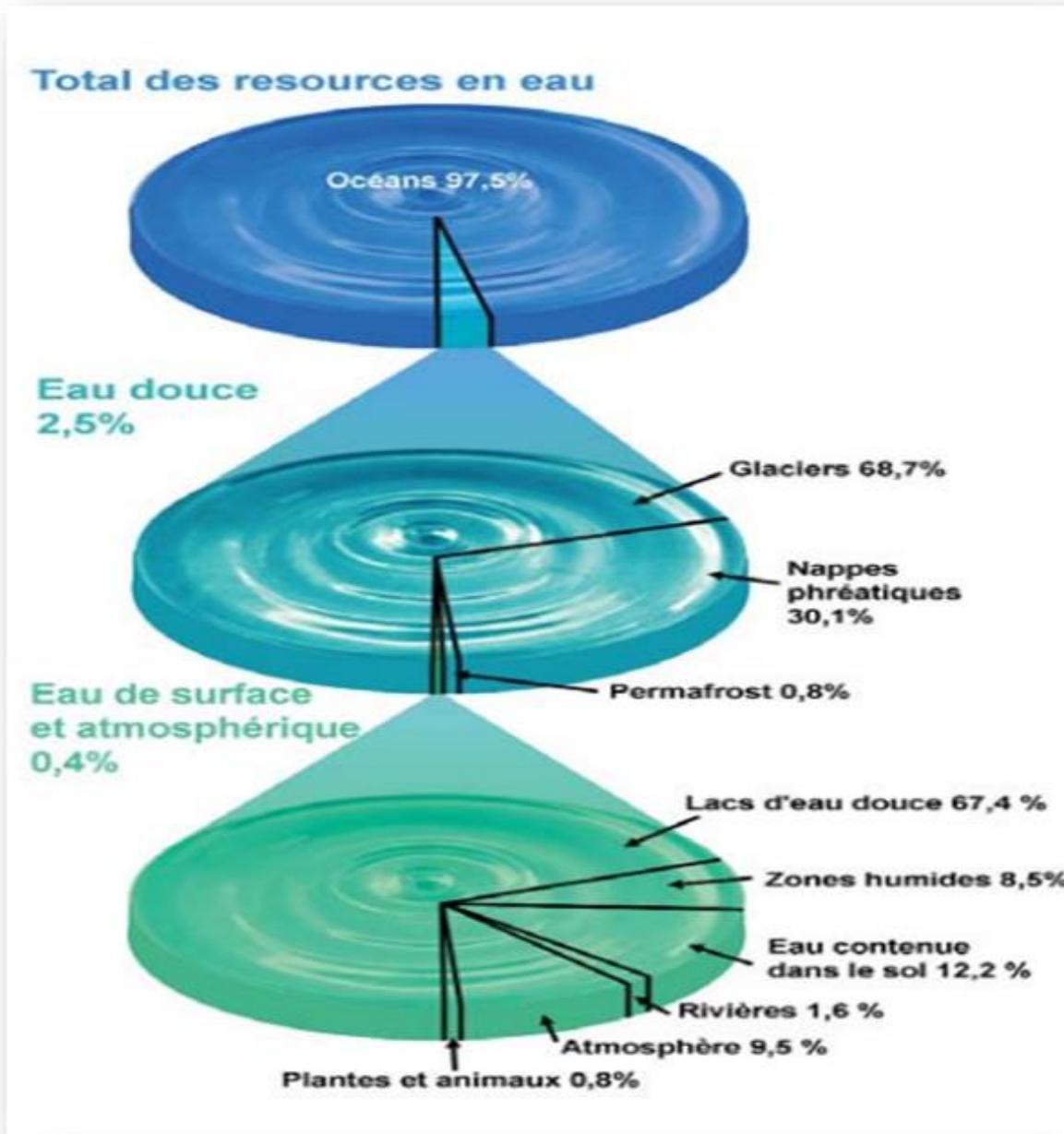


Figure N° 3: Répartition de l'eau dans le monde.

I-4 Capacités de mobilisation :

Les capacités totales de mobilisation sont de 18 milliards de: m^3 /an dont:

- Un volume de 12.5 Milliards au Nord (10 Milliards de m^3 /an pour les eaux de surface, 2.5 Milliards de m^3 /an pour les eaux souterraines).
- Un volume de 5,5 Milliards de m^3 /an dans les régions Sahariennes qui équivaut aux réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique.

Ces ressources sont principalement mobilisées par :

I-4-1 Les eaux Superficielles :

a- Les Barrages :

Il n'existait que treize barrages permettant de stocker 450 millions de m³ d'eau destinée essentiellement à l'irrigation des plaines agricoles de l'Ouest du pays, on en dénombre actuellement 70 pour une capacité globale de 7,4 milliards de m³ d'eau. A la fin des réalisations du programme en cours, ils devraient être 84 en 2016, pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m³.

b- Les eaux Souterraines :

1- Le nord algérien :

Les volumes exploités avoisinent 80 % des ressources potentielles renouvelables ; le reliquat concerne le potentiel des réservoirs karstiques du Constantinois, ainsi que celui du Chott Chergui (Hautes plaines de l'Ouest) aux ressources limitées mais sûres.

2- Le sud algérien :

Les réserves des nappes du Sahara sont énormes mais les apports d'eau à partir de l'Atlas saharien ne contribuent à leur renouvellement que dans une faible proportion.

Le caractère « non renouvelable » de cette ressource et les contraintes physiques et géologiques qui caractérisent ces systèmes, en font un patrimoine fragile, nécessitant une gestion rationnelle pour sa durabilité.

Les prélèvements (1,6 hm³ par forages et 85 hm³ par foggaras) représentent le 1/3 des ressources renouvelables, estimées à 5 hm³ (4 hm³ dans le Continental Intercalaire et 1 hm³ dans le Complexe Terminal). Les nouvelles simulations réalisées dans le cadre du SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional), ont permis de préciser les débits additionnels susceptibles d'être prélevés dans les zones actuellement en exploitation ou nouvellement identifiées, soit au total un volume exploitable de 6,11 hm³ par an. [2]

LES RESSOURCES EN EAUX EN ALGERIE

Tableau N° 1: Transferts d'eau en Algérie

Désignation	Lieux d'affectations
Transferts Nord-Nord et Nord-Hauts Plateaux	
Béni Haroun	Wilayas de Mila, Constantine, Khenchela, Oum El Bouagui et Batna (504 hm ³ /an)
Taksbet	Wilayas de Tizi Ouzou, Boumerdes et Alger (180 hm ³ /an)
Koudiat Acerdoune	Wilayas Bouira, Tizi Ouzou, M'sila et Médéa (178 hm ³ /an)
Mostaganem – Arzew-Oran (MAO)	Wilayas de Mostaganem et Oran (155 hm ³ /an)
Barrages Erraguène, Tabellout et Draa Diss	Wilaya de Sétif (191 hm ³ /an)
Barrages Ighil Emda et Mahouane	Wilaya de Sétif (122 hm ³ /an)
Transfert Sud-Sud	
Nappe Albienne In Salah	Tamanrasset (36 hm ³ /an)
Transfert Sud-Hauts Plateaux	
Nappe Albienne	Wilayas de Djelfa, Tiaret, M'sila, Biskra, Batna, Saïda, Tiaret et Médéa

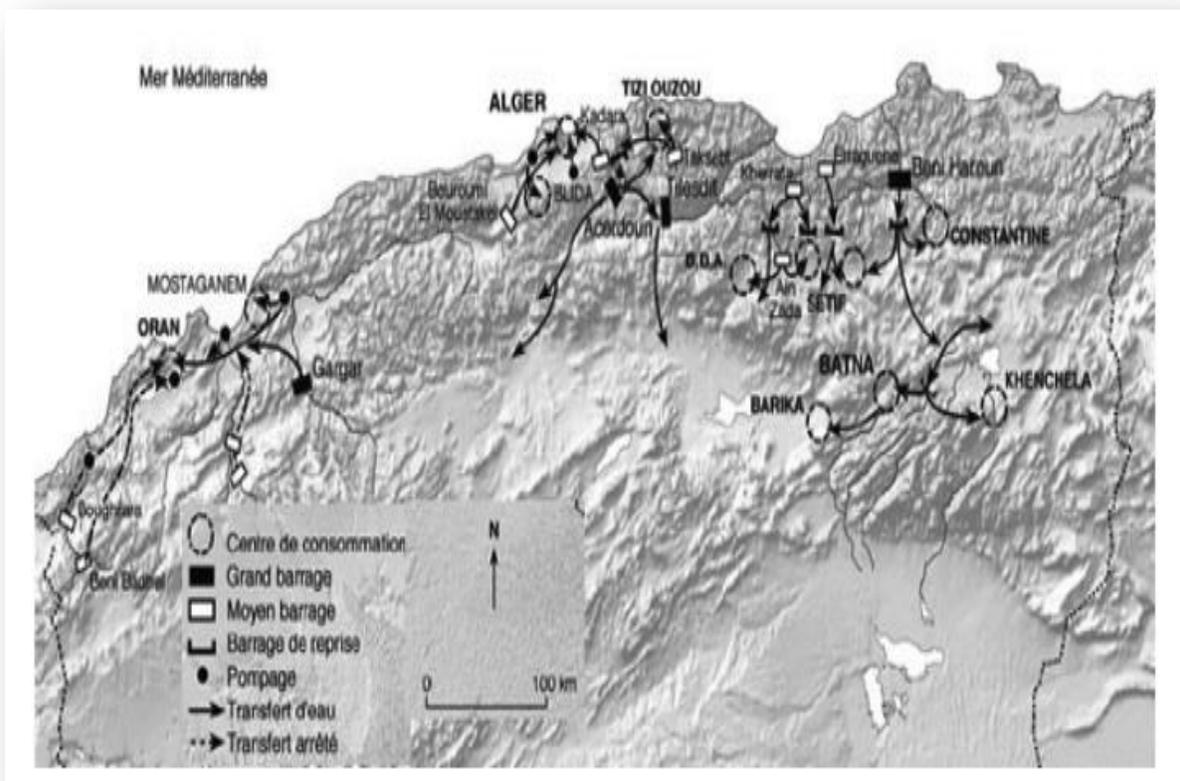


Figure N° 4: Barrages et transferts des ressources en eau (Algérie)

LES RESSOURCES EN EAUX EN ALGERIE

I-5 la consommation des ressources :

Les ressources en eau prélevées en 2012 sont estimées à 8 425 millions m³, dont 4 800 millions m³ provenant d'eau superficielle, 3 000 millions m³ d'eau souterraine, soit bien au-delà du volume renouvelable annuel, 615 millions m³ d'eau dessalée (Eurostat, 2015) et 10 millions m³ d'eaux usées traitées directement utilisées.

Les prélèvements attribués à chacun des secteurs n'est pas entièrement connu: la part de l'agriculture semble correspondre à 59 pour cent soit 4 990 millions m³ et la part des industries à 5 pour cent, soit 415 millions m³.

Le prélèvement des municipalités est donc estimé à 36 pour cent, soit 3 020 millions m³

Tableau N° 2: répartition de consommation des eaux

Prélèvement en eau:			
Prélèvement total en eau	2012	8 425	millions m ³ /an
- Agriculture (Irrigation+Élevage+Aquaculture)	2012	4 990	millions m ³ /an
- Municipalités	2012	3020	millions m ³ /an
- Industrie	2012	415	millions m ³ /an
• Par habitant	2012	219	m ³ /an
Prélèvement d'eau de surface et souterraine (primaire et secondaire)	2012	7 800	millions m ³ /an
• en % des ressources en eau renouvelables totales	2012	67	%
Sources en eau non conventionnelles:			
Eaux usées municipales produites	2012	820	millions m ³ /an
Eaux usées municipales traitées	2012	324	millions m ³ /an
Utilisation directe des eaux usées municipales traitées	2012	10	millions m ³ /an
Utilisation directe d'eau de drainage agricole			millions m ³ /an
Eau dessalée produite	2012	615	millions m ³ /an

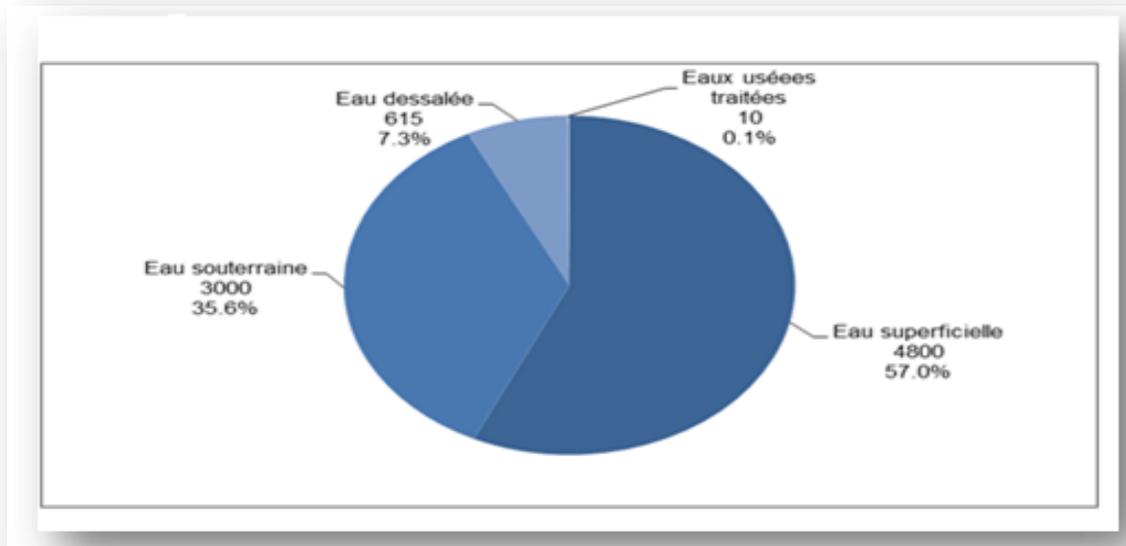


Figure N° 5: prélèvements d'eau par secteur en 2012.

Tableau N°03: répartition de l'eau utilisée par usages (Source : MRE 2006).

Répartition de l'eau	Utilisation actuelle (millions De m ³ /an)	2030 (millions De m ³ /an)
Usage domestique industriel	3.1	4.2-4.6
Irrigation (grands et petits périmètres)	3.4	7.8-8.2
Total	6.5	12-12.8

I-5-1 Évolution du développement de l'irrigation :

Le potentiel d'irrigation algérien varie selon les sources et les méthodes d'estimation. La seule utilisation des eaux renouvelables ne permettrait qu'un potentiel d'irrigation de 510 300 ha à partir des bassins méditerranéens et du Sahara. [3]

Cependant, les superficies réellement irriguées sont supérieures à ce chiffre depuis le début des années 2000.

Le plan de Constantine (1959-1963) de la période coloniale, indiquait un potentiel de 1.3 millions d'ha, et un rapport plus récent indique que 2.2 millions d'ha sont irrigables en ne considérant que la nature des sols dont 137 000 ha dans les régions Sahariennes

Mais seuls 1.3 millions ha sont aptes à l'irrigation sans travaux d'épierrage, de drainage ou de lessivage).

LES RESSOURCES EN EAUX EN ALGERIE

Tableau N°04: évolution des superficies équipées pour l'irrigation depuis l'indépendance.

		1962	1986	1999	2008	2012	2013	2014
GPI:	équipé	105 500	145 120	156 000	213 378	229 907	231 737	260 600
	irrigué	44 000	66 170	50 500	39 923	97 310	86 000	
PMH:	équipé		290 000	350 000		1 000 000		
	irrigué	120 000		300 000	776 975	967 268	1 033 259	
TOTAL: équipé				456 000		1 229 907		
TOTAL: irrigué		164 000	282 000	350 000	816 898	1 064 578	1 119 259	1 228 111

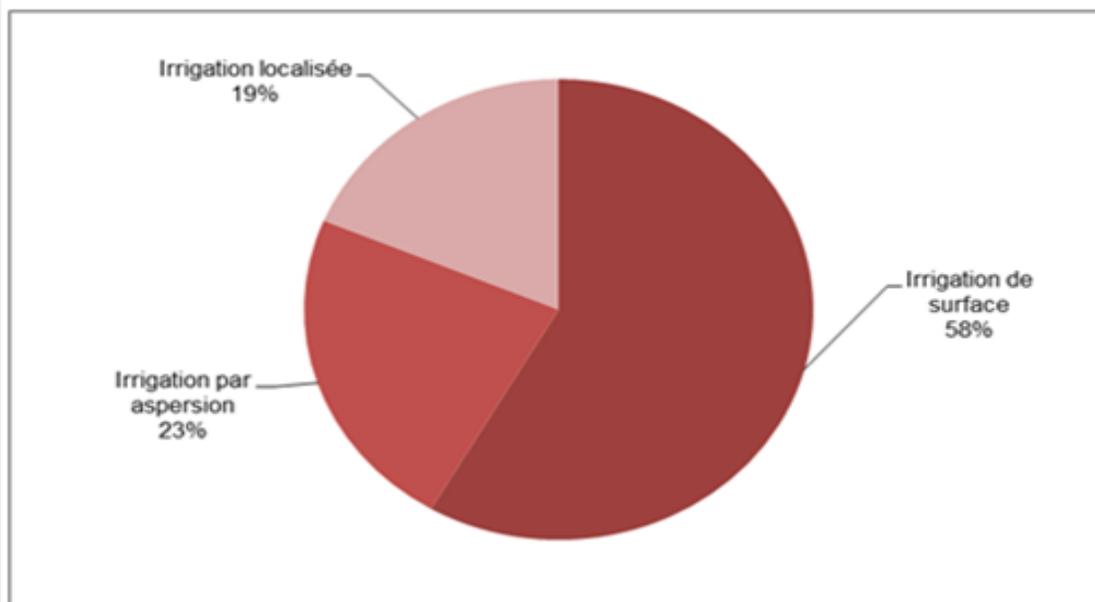


Figure N°06: techniques d'irrigation sur les superficies équipées en maîtrise totale.

I-6 Les ressources Non conventionnelles :

I-6-1 Le dessalement:

Le recours aux unités de dessalement permet également de réserver une partie plus importante des eaux de barrages à l'agriculture.

L'Algérie compte en 2013 neuf grandes stations de dessalement en exploitation à même de produire jusqu'à 1,4 millions de m³ d'eau dessalée par jour. La mise en exploitation de deux autres stations portera la capacité de production totale à 2,1 millions de m³/jour.

En moyenne, ces stations ont une capacité de production qui se situe entre 100 000 et 200 000 m³ par jour.

La station d'El-Mactaa, proche d'Oran, dont l'entrée en exploitation est prévue fin 2014 disposera d'une capacité de 500 000 m³/j., soit l'une des plus grandes unités de dessalement par osmose inverse, permettant la couverture à long terme des besoins de cinq millions de personnes en eau potable.[2]

Tableau N°05: Grandes unités de dessalement.

	Unité	Capacité m ³ /j	Population à servir
Arzew	Arzew	90 000	540 000
Alger	Hamma	200 000	1 333 320
Skikda	Skikda	100 000	666 660
Ain-Témouchent	Béni-Saf	200 000	1 333 320
Mostaganem	Mostaganem	200 000	1 333 320
Tipaza	Fouka	120 000	666 660
	Oued-Sebt	100 000	150 000
Boumerdes	Cap-Djenet	100 000	666 660
Tlemcen	Souk-Tleta	200 000	1 333 320
	Honaine	200 000	1 333 320
Oran	Mactaa	500 000	1 333 320
El-Taref	El-Taref	50 000	333 330
Chlef	Ténès	200 000	999 990

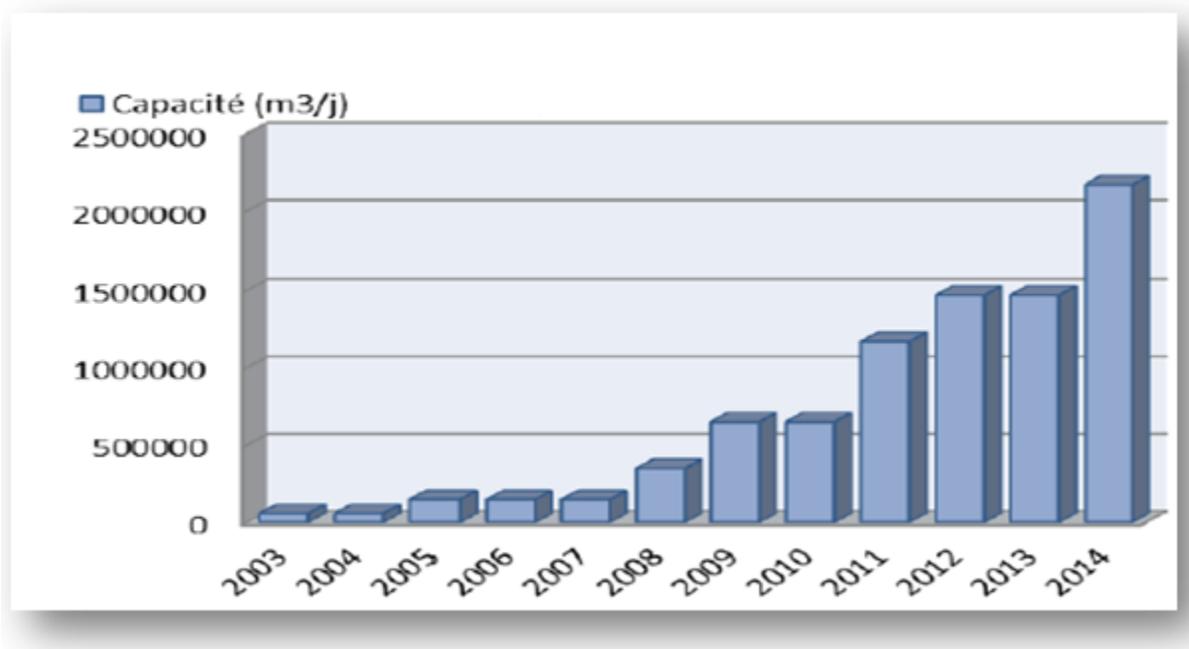


Figure N°07: évolution des capacités d'eau mer désalée.

I-6-2 Réutilisation :

Etant donnée la situation de stress hydrique, les pouvoirs publics ont vu dans cette opportunité un moyen de réduire ou du moins de préserver les ressources en eaux traditionnelles tout en accroissant la production agricole.

L'objectif déclaré des autorités est de comptabiliser 239 stations d'épuration des eaux usées (STEP) en 2014 correspondant à une capacité de 1,2 milliards de m³ par an d'eaux épurées (problème de réalisation en cours).

Le recours croissant à cette ressource d'eau non conventionnelle constitue une incitation supplémentaire pour améliorer les capacités d'épuration des eaux usées et augmenter le taux de raccordement des particuliers au réseau d'assainissement.[2]

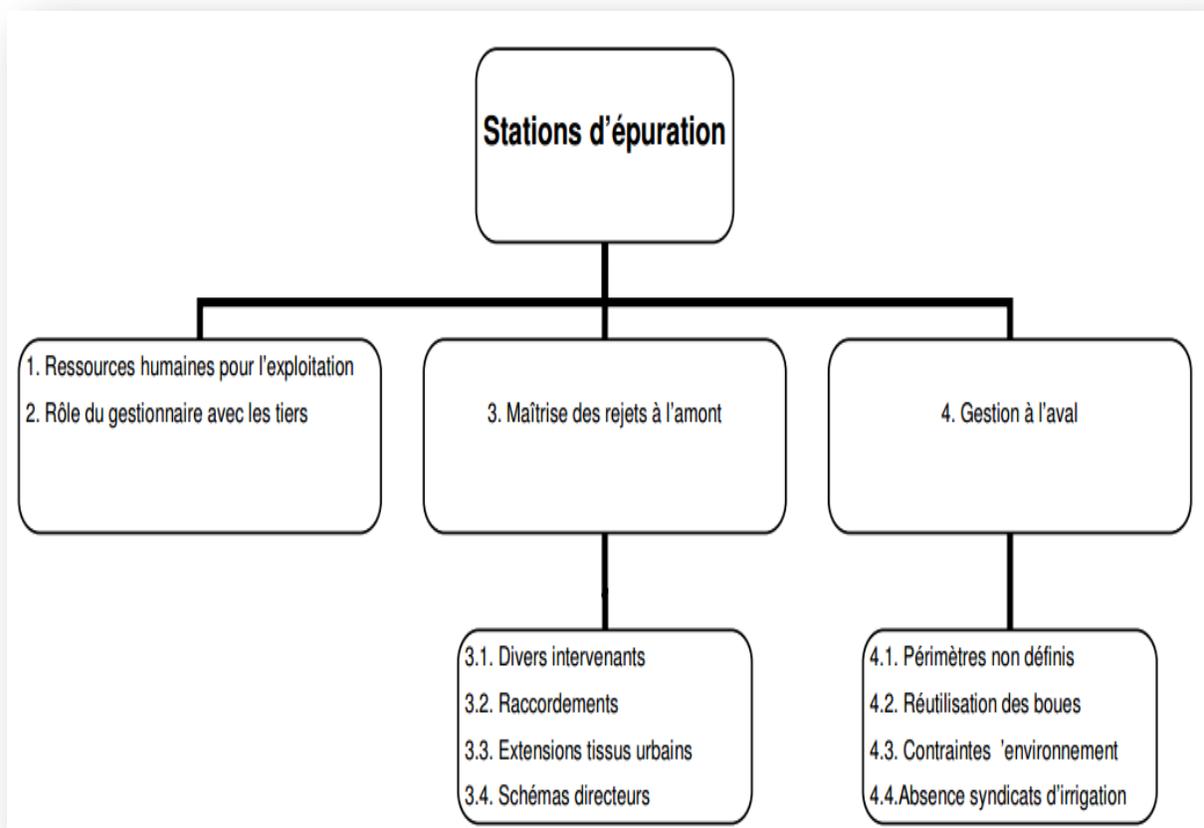


Figure N°08: Insuffisances de l'approche analytique (Epuración des eaux).

Tableau N°06: Assainissement (Epuración primaire des eaux usées urbaines).

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Nombre de stations d'épuration	43	43	43	43	46	48	52	58	61	62
Capacité nominale (volume)	510	510	510	560	660	560	870	1 100	1 417	1 500
Épuración réelle (volume)	350	350	410	410	520	520	610	880	1 090	420

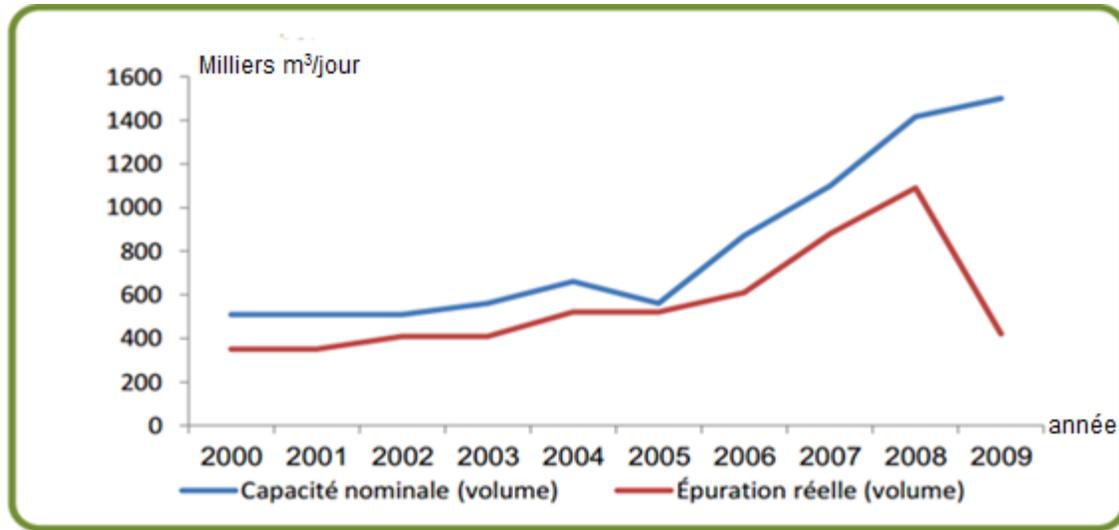


Figure N°09: évolution de l'épuration réelle et de la capacité nominale des STEP (milliers m³/jour). (source MRE)

I-6-3 Déminéralisation :

Dans la perspective d'améliorer et de renforcer la mobilisation des eaux destinées à la consommation humaine, il a été prévu la déminéralisation des eaux saumâtres dans les hauts plateaux et le sud par ordre prioritaire depuis 1999.

Le volume des eaux saumâtre mobilisé est estimé à **153,5 Hm³/an**.

Le volume global des eaux saumâtre mobilisé à partir des **15 SDES** en exploitation est de **71 597 m³/j** soit **26,1 Hm³/an**.

Un programme ambitieux de développement d'infrastructures de mobilisation et de déminéralisation des eaux saumâtres est en voie de réalisation afin d'améliorer la qualité de l'eau potable mis à la disposition des populations du sud.

Quatorze (14) stations de déminéralisation sont en cours de réalisation. A terme, un volume global journalier de l'ordre de **205 560 m³/j (75 Hm³/an)** sera mis à disposition de ces populations pour subvenir à leur besoins.

Ce programme centralisé délégué à l'ADE est réparti comme suit :

- Ouargla : neuf (09) stations à : 70 500m³/j, volume mobilisé : 78414 m³/j.
- Touggourt (Ouargla) : 34 560 m³/j, volume mobilisé : 29 636 m³/j.
- El Oued : 30 000 m³/j, volume mobilisé : 40 000 m³/j
- Tamanrasset (projet de transfert In Salah/Tamanrasset) : 50 000 m³/j
- Tindouf : 10 500 m³/j, volume mobilisé : 13 219 m³/j .
- Illizi : 10 000 m³/j. [2]

LES RESSOURCES EN EAUX EN ALGERIE

Tableau N°07 : Etat des stations de déminéralisation.

Nom des stations de déminéralisation	Wilaya	année de mise en service	Capacité (m ³ /j)	Volume traité
Brédeah	Oran	2006	34 000	20 000
Gharbouz	Ouargla	2009	5 000	4 320
Ain El Kheir	Ouargla	2009	9 000	7 920
Hai Bouzid	Ouargla	2009	10 000	9 000
Mekhadma	Ouargla	2009	3 000	4 608
Bamendil (El Khafedji)	Ouargla	2009	7 500	5 184
Village Bamendil	Ouargla	2009	3 000	1 440
Ifri – Gara	Ouargla	2009	10 500	7 560
Sokra	Ouargla	2009	3 000	1 440
Ruisset El Haddeb	Ouargla	2009	27 000	21 600
Touggourt	Ouargla	2009	34 000	28 800
El Oued	El Oued	2009	30 000	30 000
Total			176 000	141 872

I-7 Comment gérer les ressources en eau de manière durable :

L'utilisation durable des ressources en eau est un véritable défi en raison des nombreux facteurs concernés, notamment les changements climatiques, la variabilité naturelle des ressources, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

À l'heure actuelle, la politique de l'eau est toujours en grande partie déterminée par des préoccupations politiques et économiques à court terme qui ne prennent en compte ni les avancées scientifiques ni les critères de bonne gouvernance.

Les pays, en particulier ceux en voie de développement, ont besoin de solutions techniques de pointe, de financements plus importants et de données plus complètes sur les ressources en eau.

Pour évaluer l'état de nos ressources en eau, nous devons être pleinement conscients du rôle joué par différentes composantes du cycle de l'eau - comme la pluie, les eaux issues de la fonte des glaciers, etc.

Sans cela, il sera difficile de développer des stratégies de protection et d'atténuation adéquates.

Une mauvaise qualité de l'eau et une exploitation non durable des ressources peuvent limiter le développement économique d'un pays, nuire à la santé de la population et mettre à mal ses moyens de subsistance.

Heureusement, on commence à adopter des pratiques plus durables.

La gestion des ressources en eau devrait davantage veiller à accroître les ressources naturelles existantes et à réduire la demande et les pertes en eau.

Traditionnellement, répondre à la demande croissante en eau consistait à stocker de l'eau de surface dans des réservoirs, à détourner des cours d'eau vers les régions arides et à exploiter les nappes phréatiques.

A l'heure actuelle d'autres procédés viennent s'ajouter à ces méthodes, comme la réutilisation de l'eau, le dessalement et la récupération des eaux de pluie.

Certaines régions vont même jusqu'à exploiter les nappes phréatiques non-renouvelables.

Certains pays ont des programmes qui visent à réduire la demande en eau et les pertes dans les systèmes de distribution des zones urbaines, mais davantage d'efforts sont requis. Cela impliquera des changements de comportements nécessitant une meilleure information du public et un engagement politique.

Ces efforts pour conserver l'eau et réduire la demande ne sont pas seulement pertinents dans les régions où l'on manque d'eau, ils peuvent également apporter des bienfaits économiques dans des régions plus humides.

On aborde de plus en plus la gestion des ressources en eau de façon décentralisée, en se concentrant sur les bassins fluviaux, et ce même à l'échelle internationale.

L'échange d'informations entre pays qui partagent des bassins fluviaux sera source de bienfaits tant économiques qu'environnementaux.

I-8 Les indicateurs de disponibilité des eaux :

I-8-1 L'indice d'exploitation :

C'est la part de l'eau prélevée pour l'ensemble des besoins d'un pays, par rapport au volume annuel moyen des apports naturels. très faible dans certains pays très arrosés (à peine 1% pour le Venezuela ou la Norvège), il atteint près de 100% dans les pays à climat aride à forts besoins d'irrigation, en Algérie, il est de près de 35%.

Il est admis lorsque cet indice dépasse 20%, la mobilisation de la ressource en eau implique des investissements dont l'impact est sensible dans l'économie nationale.

I-8-2 Seuil tolérés :

On estime, à cet égard, qu'un pays atteint le "seuil de pauvreté" à 100 m³/habitant/an et le "seuil de pénurie" à 500 m³/habitant/an.

I-8-3 Le degré « d'indépendance » des pays est fonction de la proportion des ressources naturelle d'origine externe dans le bilan hydraulique :

Ainsi, les ressources en eau de bon nombre de pays sont majoritairement constituées de grand fleuves transfrontaliers dans la source se trouve d'autre état. C'est le cas, par exemple de Irak (65% de ses ressources proviennent d'un apport "extérieur"), ou des pays bas (89%) de égypt.etc.

L'Algérie dispose pour sa part de niveau d'indépendance tout à fait appréciable, puisque seulement 2% de s ses ressource viennent d'autre pays.

I-9 loi et réglementation :

La réglementation algérienne de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture a été préparé par les structures algériennes responsables pour l'introduction des EUE comme alternatives efficaces contre la pénurie des eaux conventionnelles à l'échelle national .

Dans les zones sahariennes, les ressources en eaux souterraines sont vulnérables et non renouvelables, la réutilisation des eaux usées traitées on respectant les normes Algérienne apparait comme une solution très conseillé .

1/Loi n° 05-12 du 04 aout 2005 : relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation. [4]

2/ Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 :

Publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent. [5]

Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations d'épurations, par une demande adressée par un concessionnaire au Wali (premier responsable de la Wilaya ou département) de la région, cette demande comporte une convention avec la station d'épuration qui fournit les eaux usées épurées.

Le contrôle technique, la gestion des périmètres irriguées et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles est assurée par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce.

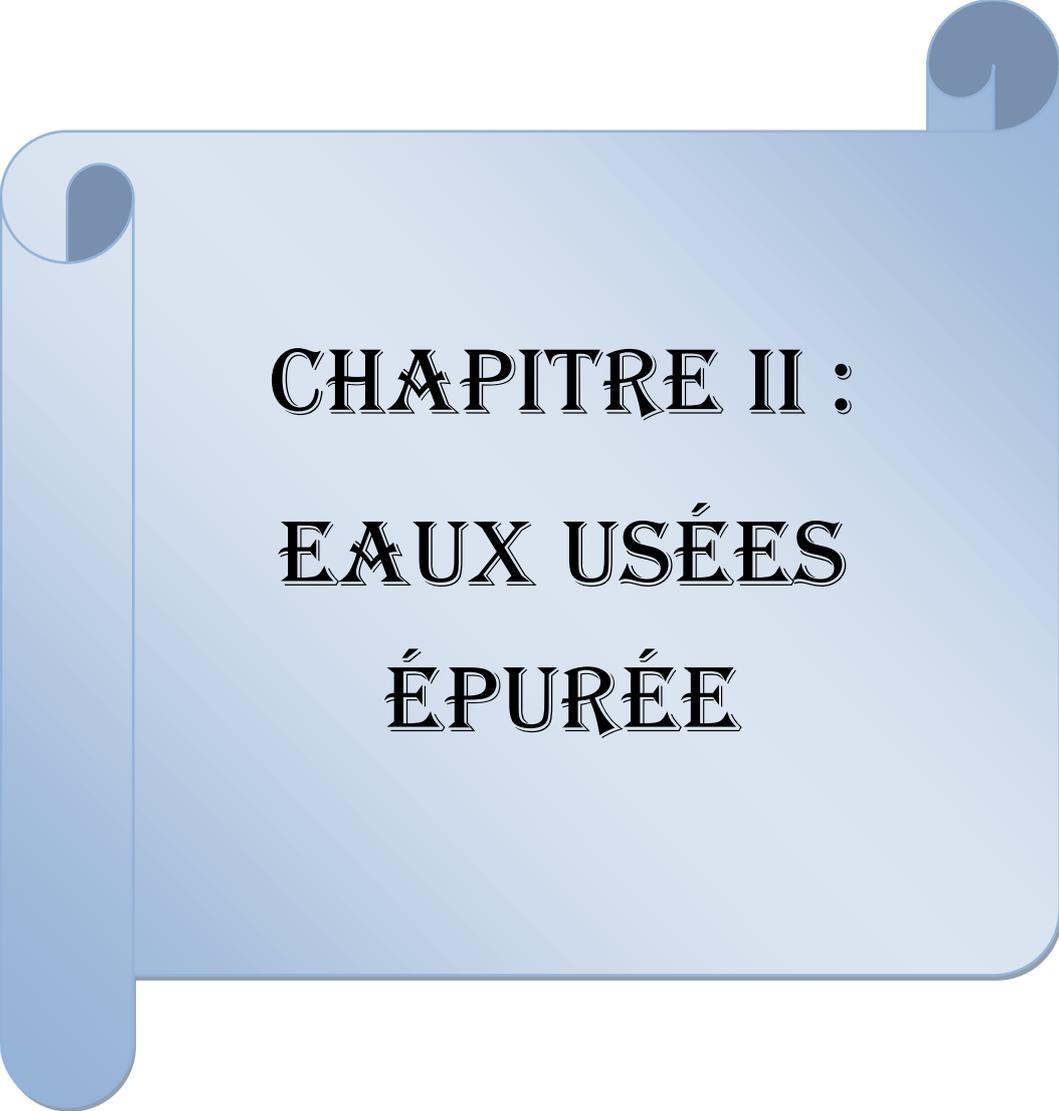
3/ L'arrêté interministériel prenant en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 : fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées a des fins d'irrigation, notamment en ce qui concerne les :

- normes microbiologiques.
- normes physico-chimiques.
- Listes des cultures a irriguer avec les eaux usées épurées.

-listes des laboratoires qualifiés pour assurer les analyses de la qualité des eaux usées épurées utilisées a des fin d'irrigation.

I-10 Conclusion :

La situation actuelle en Algerie se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources en eau disponibles. La pollution des nappes et des ressources superficielles par les rejets domestiques, industrielles et agricoles dépassent de loin les capacités de traitement des systèmes d'épuration. Ces dégradations réduisent les volumes d'eau susceptibles d'être utilisés. Cette situation de pénurie des ressources en eau et ses contraintes ont souvent été appréhendées en termes de réalisation d'infrastructures ou plus exactement de construction de barrages.



CHAPITRE II :
EAUX USÉES
ÉPURÉE

II-1 Introduction :

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable.

Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée.

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

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation.

Seulement, ces réalisations n'ont pas été suffisantes pour atteindre l'objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques en Remarque Niveau de pollution alarmant des cours d'eau, tels que Hamiz, Rhumel, Seybouse, et pollution des réserves souterraines par les nitrates et les métaux lourds).

La politique de valorisation des eaux usées est nécessaire d'autant plus que celles ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à la réduction du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en irrigation.

On reconnaît de plus en plus l'intérêt des espaces verts en milieu urbain et périurbain pour la protection de l'environnement, le cadre de vie, les activités de loisir et la production. Les villes qui souhaitent accroître leurs plantations de forêts, d'espaces verts ou d'arbres d'agrément en zone urbaine ou en périphérie mais qui ne veulent pas gaspiller leurs maigres ressources d'eau douce pour l'irrigation pourraient recycler les eaux usées à cette fin.

Pour la protection des eaux de barrage beni-haroune MILA l'état d'Algérie crée une station d'épuration dans la daïra de sidi-merouane, pour obtenir l'eau épurée ; l'eau usée dépasse plusieurs étapes de traitement dans la station tel que :le prétraitement, traitement primaire ou décantation, traitement secondaire ou traitement biologique, et le traitement tertiaire.

II-2 Définition des eaux usées :

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». [6]

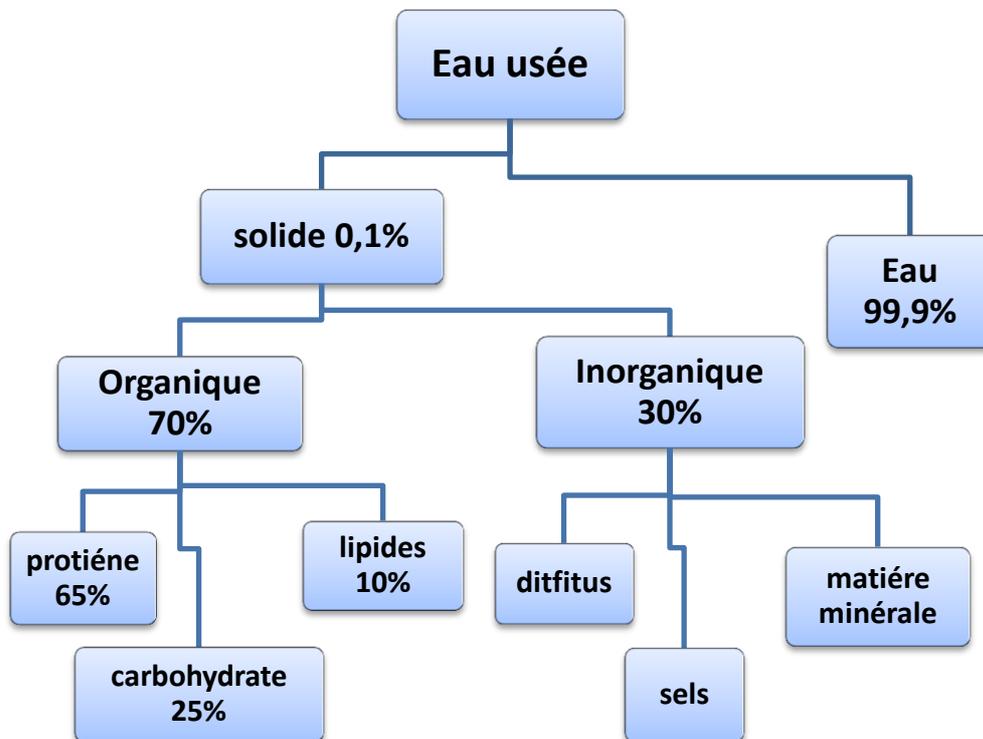


Figure N°10 : composition des eaux usées

II-3 Origine des eaux usées :

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées:

II-3-1 Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux Grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires.

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

70 à 90 grammes de matières en suspension

60 à 70 grammes de matières organiques.

15 à 17 grammes de matières azotées.

4 grammes de phosphore
plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

II-3-2 Les eaux usées industrielles :

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

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

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

II-3-3 Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

II-3-4 Les eaux pluviales :

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

II-4- Caractéristiques des eaux usées :

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

naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

II-4-1 Les paramètres physiques des eaux usées:

II-4-1-1 La température :

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. 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. [7]

II-4-1-2 La couleur :

Elle liée au déversement de composés chimiques solubles fréquentant une coloration marquée.

II-4-1-3 Les matières en suspension (MES):

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

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

a- Les matières volatiles en suspension (MVS) :

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

b- Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. [8]

II-4-2 Les paramètres chimiques des eaux usées :

II-4-2-1 Le pH :

La mesure de pH doit s'effectuer sur place de préférence, par la méthode potentiométrique.

La mesure électrique quoique délicate peut seul donner une valeur exacte car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, de la turbidité et des matières colloïdales. [9]

II-4-2-2 La conductivité électrique (CE) :

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. [12]

II-4-2-3 La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅. Elle se résume à la réaction chimique suivante :

Substrat + micro organisme + O₂ → CO₂ + H₂O + énergie + biomasse

II-4-2-4 La demande chimique en oxygène (DCO) :

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO₅ indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. Généralement la valeur de la DCO est :

DCO = 1.5 à 2 fois DBO₅ ; Pour les eaux usées urbaines ;

DCO = 1 à 10 fois DBO₅ ; Pour tout l'ensemble des eaux résiduares ;

DCO > 2.5 fois DBO₅ ; Pour les eaux usées industrielles.

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

II-4-2-5 La biodégradabilité:

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

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que,

K=DCO /DBO₅ :

- **Si k < 1,5** : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

- **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 inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... etc.

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

II-4-2-6 Oxygène dissous :

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable, l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau, notamment son goût et son degré d'aseptise. 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 CO_2 dissous dans l'eau grâce à leur fonction chlorophyllienne dans le cas du lagunage.

II-4-2-7 Les matières azotées :

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (NTK), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel . [10]

II-4-2-8 Matières phosphatées :

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes : poly phosphates, organo-phosphates et ortho-phosphates. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination. [11]

II-4-3 Paramètres bactériologique (Indices de contamination fécale) :

Ils proviennent essentiellement des matières fécales qui contiennent majoritairement une flore anaérobie (10⁹-10¹⁰ bactéries /g fèces) détruite à l'air, et une flore aérobie – anaérobie facultative (10⁶ – 10⁷ bactéries / g fèces).

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaires nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement et de leur élimination.

En particulier, lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection. [12]

II-4-3-1 germes totaux :

Ce paramètre permet de mesurer les conditions sanitaires de la distribution et résiduel de désinfection, une concentration très importante en germes totaux peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique, par contre une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution.

II-4-3-2 Coliformes totaux :

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène.

II-4-3-3 Coliformes fécaux :

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau et devrait en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins important de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli*.

II-4-3-4 Streptocoques fécaux :

Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses.[13]

II-4-3-5 Protozoaires :

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne.

II-4-3-6 Helminthes :

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée.

II-4-3-7 Virus :

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A.

II-5 Pollution des eaux :

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; 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.

les substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

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

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles.

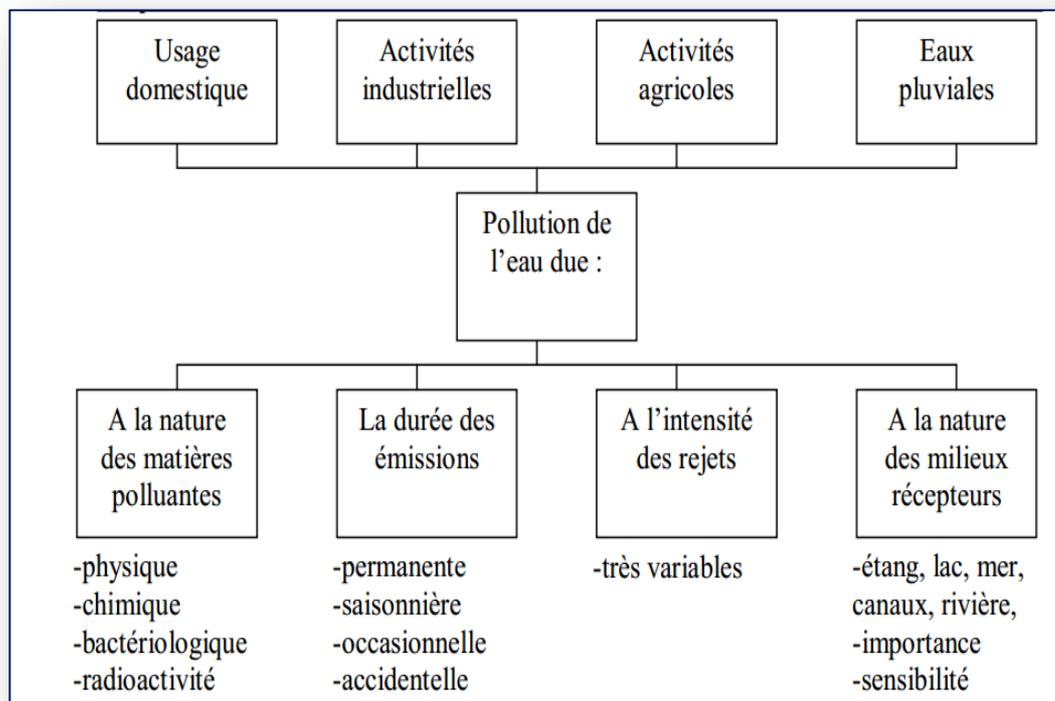


Figure N°11 : schéma générale de la Nature de la pollution des eaux.

II-5-1 Origine des polluants et types de pollutions industrielles :

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution :

II-5-1-1 Pollution physique :

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive.[14] [15]

a. Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES.

b. Pollution thermique :

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

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique. [14] [16]

c. Pollution radioactive :

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements . [14] [16]

II-5-1-2 Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

1. Pollution organique :

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de

matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives. [16] [17]

a. Hydrocarbures :

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires).

Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition. [15] [18]

En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes :

✚ **Toxicité aigue:** elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (Végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiate des Poissons s'effectuent par colmatage des bronchites. Les oiseaux sont Également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures.[18]

✚ **Toxicité à long terme:** les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes (méthyle chlorolanthrène, benzanthracènes, benzopyrènes). Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrées jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain .[18]

b. Phénols :

Ils désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol dans l'eau a pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique, raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Ces produits s'oxydent faiblement, se fixent peu, se filtrent facilement et ils sont souvent biodégradables; alors ils ne se trouvent qu'en faible quantité.

Leur inconvénient principal est qu'ils donnent à l'eau un goût extrêmement désagréable et très persistant marqué de chlorophénol lorsqu'ils sont en présence de chlore.

Les poissons, accumulent les phénols jusqu'à 30 mg/kg, ils sont alors impropres à la consommation. Les phénols peuvent être séparés des eaux résiduaires par extraction liquide-liquide, oxydé par le chlore ou l'ozone ou bien détruits par un traitement biologique [19]

2. Pollution minérale :

a. Métaux lourds :

La présence des métaux lourds dans l'eau, l'atmosphère et par conséquent la chaîne alimentaire est le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés à la pollution. Par ordre décroissant de toxicité spécifique. Les métaux sont classés comme suit: $Hg < Cr < Ti < Cu < Co < Ni < Pb < Zn$.

Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature. [15][20]

b. Cyanure :

Les cyanures, c'est un poison à action rapide qui peut se rencontrer sous plusieurs formes, y compris les formes gazeuses, liquides et solides. Bien que les cyanures se rencontrent naturellement dans beaucoup d'aliments et de plantes. L'industrie rejette d'autres composés cyanogènes (installation de cyanuration, galvanoplastie, traitement de minerais...).

C. Pollution d'azote :

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires. L'azote existe sous deux formes: la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 OU NH^+4) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-). [16]

d. Pollution par le phosphore :

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laverie industrielle des fabrications, d'engrais agroalimentaire. [19]

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. [16]

II-5-1-3 Pollution microbiologique :

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...). [21]

II-6- L'épuration des eaux usées :

Pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel et les rendre propres et sécuritaires, l'épuration des eaux usées s'avère une nécessité primordiale.

EAUX USEES ET EPURATION

Elle est effectuée au niveau des stations d'épuration (STEP) où les eaux usées subissent des prétraitements, et différents types de traitements : physiques, biologiques et physico-chimiques.

II-6-1- Nécessité et objectif de l'épuration :

L'épuration des eaux usées est devenue une nécessité pour les raisons sanitaires, des raisons économiques et législatives et même pour préserver l'environnement.

Pour raison, l'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organique en solution et sous formes colloïdes et la réduction ou l'élimination des charge microbiennes et en particulier les micros organismes pathogène.[22]

II-6-2- Les prétraitements :

Ils permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Ce sont le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé déshuilage. [23]

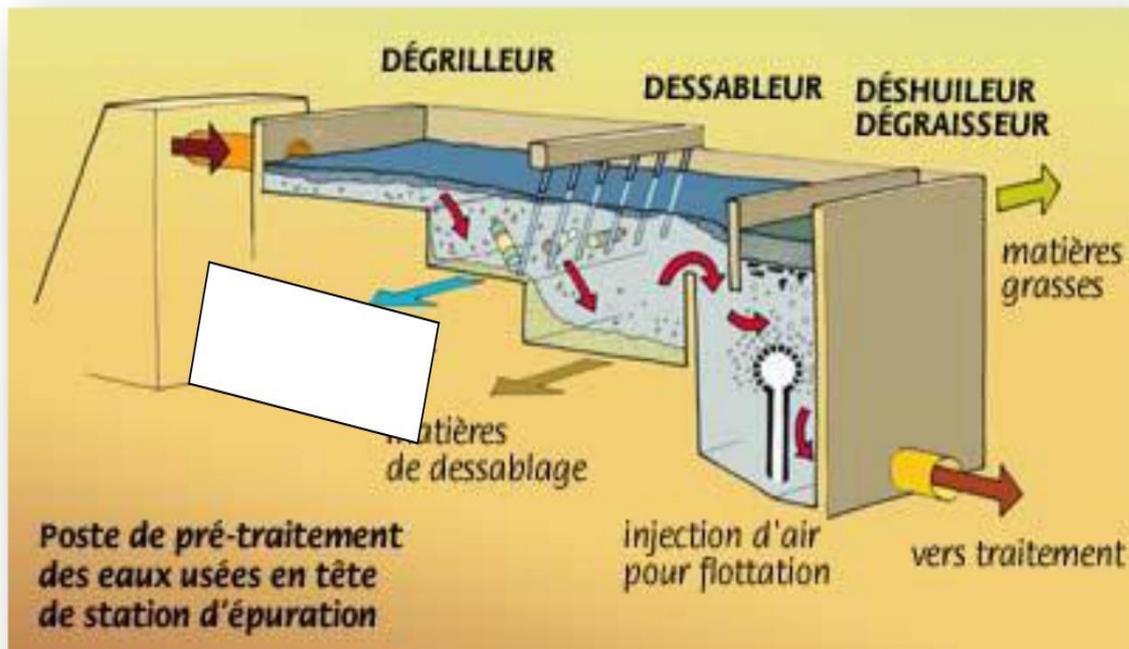


Figure N°12:Schéma d'un traitement préliminaire d'une station d'épuration.

a- Le dégrillage :

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le

fonctionnement hydraulique de la STEP. Pour ce faire, on intercale une grille, dont les barreaux ont un écartement de l'ordre du centimètre.

L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue :

- Prédégrillage pour écartement 30 à 100mm
- Dégrillage moyen pour écartement 10 à 25 mm
- Dégrillage fin pour écartement 3 à 10 mm . [24]

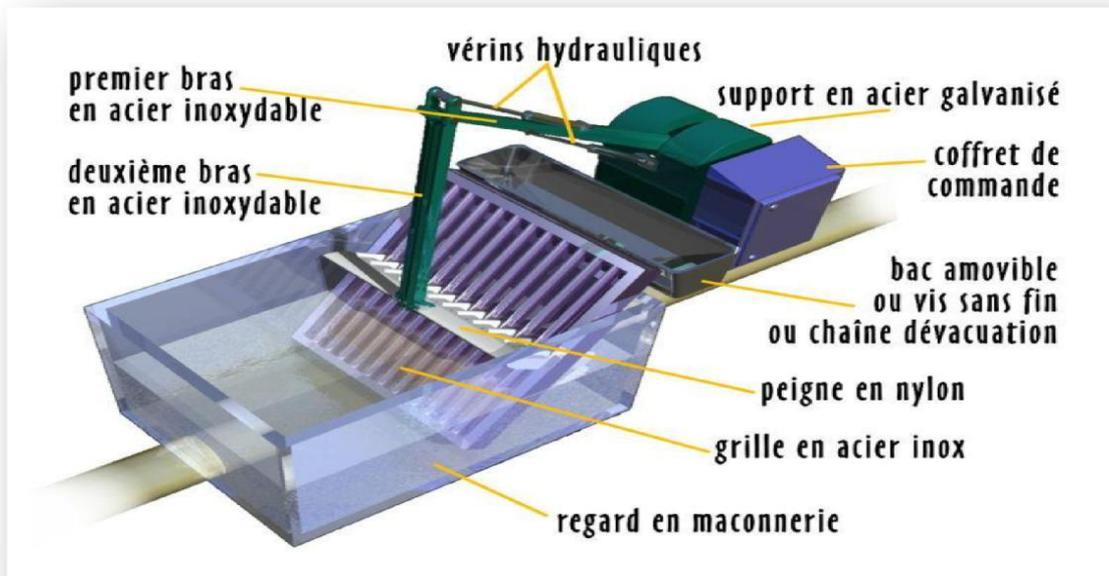


Figure N°13: Schéma d'un dégrilleur

b- Le dessablage :

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieure à 0,2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décantables dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires .

C- Le déshuilage – dégraissage :

Les eaux usées contiennent souvent des matières flottantes qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris de graisse, etc.). Les huiles et hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération dans le cas des boues activées, il est donc nécessaire de piéger ces substances au niveau du prétraitement par un dispositif d'écumage.



Figure N°14 : Photo d'un déshuileur utilisé dans l'épuration des eaux usées

II-6-3- Traitement primaire :

Le traitement primaire est un traitement physico-chimique qui consiste à éliminer :

- Matières décantables par une simple décantation.
- Turbidité qui est traitée par la coagulation-floculation.
- Certaines matières en solution par la précipitation chimique.[26]

a- La Décantation primaire :

Permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des particules solides en suspension de diamètre inférieur à 0,2mm. On fait circuler l'eau lentement dans un bassin où on racle et aspire périodiquement les particules rassemblées au fond. L'efficacité de ce traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle. La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$, 40 à 60 % des MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires. [26]

b- La décantation secondaire :

Appelée également clarification, elle intervient après le traitement biologique ou chimique, afin d'éliminer les floccs issus de ces derniers.

Lors des phases de décantation, l'élimination des microorganismes et des micropolluants se fait principalement par décantation des MES (sur lesquelles ils sont adsorbés) .

Il existe de nombreux types de décanteurs qui se distinguent, d'une part d'après le sens d'écoulement des eaux, et d'autre part d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues.

C- La coagulation- floculation :

Les processus de coagulation et floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace.

Et utilisé pour le traitement de potabilisation ou le traitement d'eau usée.[27]

Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm) - d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électro-négativement, engendrant des forces de répulsions inter-colloïdales.

Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible (que l'on peut même considérer comme nulle dans le cadre du traitement de l'eau).

La coagulation-floculation est un procédé permettant, en deux temps, de s'affranchir de cette absence de sédimentation. Cette technique permet de s'attaquer aux deux caractéristiques - mentionnées précédemment - rendant impossible une élimination naturelle des particules colloïdales. [27]

❖ Coagulation :

Dans un premier temps, la coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium), permet de supprimer les répulsions inter-colloïdales : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent.

Les particules colloïdales peuvent désormais se rencontrer.

Elle a pour but la déstabilisation des colloïdes et l'agglomération des particules fines en suspension. Elle agit également par adsorption sur les substances et les grosses molécules organique hydrophiles en suspension stable.

Elle est utilisée pour la clarification, la décoloration, l'agglomération des précipités résultant d'un adoucissement calcosodique, l'amélioration de goûts et odeurs.

Les coagulants utilisés pour le traitement des eaux destinées à l'alimentation doivent :

- ✚ Etre peu couteux
- ✚ Etre totalement inoffensif par eux-mêmes et par les produits qu'ils forment
- ✚ Pouvoir être mis en œuvre aisément
- ✚ Avoir être dispersés sans difficultés
- ✚ Avoir un pouvoir floculant vis-à-vis des colloïdes hydrophiles. [27]

❖ Floculation :

Dans un second temps, *la floculation* permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement.

La solution exploitée par la floculation est de provoquer, grâce à l'ajout de floculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de

colloïdes appelé floc dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter. Le floculant ajouté est généralement un polymère, qu'il soit organique ou naturel, qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes.

La floculation a pour but d'accroître par agglomération, le volume, le poids et la cohésion de l'agglomération formé des floccs.

Le grossissement des floccs est favorisé par l'emploi de certains produits floculant (les adjuvants).

On peut distinguer les floculant par :

- + Leur nature (minérale ou organique).
- + Leur origine (synthétique ou minérale).
- + Signe leur charge électrique (anionique, cathodique, non ionique).

Les floculant les plus couramment utilisés sont :

- + Silice activée.
- + Polyamide.
- + Agrile.
- + Charbon actif.
- + Sable fin. [27]

II-6-4- Traitement secondaire :

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature.

Elle regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou non d'oxygène. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de micro organismes).

Le résultat de cette dégradation est un accroissement de la masse épuratrice, et le rejet de déchets dans l'eau.

Mat. Organique + micro-organisme + O₂+ N + P -> micro- organisme + CO₂+H₂O + résidu soluble non biodégradable, selon que l'oxydation se produit grâce au gaz oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou qu'au contraire le processus se fasse sans oxygène (processus anaérobie), la nature des déchets sera différente : CO₂, H₂O, NH₃ ou NO₃ en aérobie, CO₂, CH₄ et acides gras en anaérobie.

Le moteur de décomposition (aérobie ou anaérobie) des substances organiques est constitué par des enzymes catalyseurs organiques sécrétés par les organismes.

On distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule, les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et, par conséquent, sont à

l'origine des phénomènes vitaux provoquant la prolifération des cellules. Les traitements biologiques sont bien adaptés pour éliminer la pollution carbonée, mais également les pollutions azotées et phosphorées.

En traitement biologique on distingue des procédés extensifs et d'autres intensifs.

II-6-4-1 Les procédés biologiques extensifs :

Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage simple dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques.

Une lagune aérée est assimilée à un vaste bassin aérobie. Il existe deux types de lagunes aérées : Les lagunes aérobies dans laquelle on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin.

Les lagunes facultatives dans laquelle l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure du bassin. Une zone anaérobie est donc présente au fond du bassin.

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année. [28]

II-6-4-2 technique intensives classiques :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel.

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- Boues activées
- Lits bactériens
- Disques biologiques

a- boues activées

Dans le procédé par boues activées, la dégradation est assurée par voie biologique aérobie à l'aide de populations bactériennes maintenues dans le système épuratoire sous forme floculée. Ce principe naturel de floculation permet de séparer l'eau traitée de la biomasse par simple décantation et de recycler une partie de la masse active vers le réacteur biologique pour maintenir une activité biologique optimale.

Un traitement par boues activées élimine 90 % des bactéries entériques, 80 à 99 % des entérovirus et des rota-virus, 90 % de Giardia et de Cryptosporidium. L'élimination a lieu grâce à la sédimentation des MES, la compétition avec les

micro-organismes non pathogènes et la température. La part la plus importante est due à la sédimentation. [28]

b- L'épuration sur lit bactérien

Le principe des lits bactériens consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériaux poreux (filtrant) qui sert de support aux micro-organismes (bactéries).

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*).

Pour un bon rendement, une aération apporte l'oxygène nécessaire aux micro-organismes qui se développent sous forme d'un film biologique en surface de matériaux. [28]

c- Disques biologiques :

Le dispositif est constitué d'un ensemble de disques en matière plastique, parallèles et régulièrement espacés par un axe commun. Pour constituer un tambour. Les disques sont immergés à 40% approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter.

L'écartement entre les disques qui sont environ 2 cm qui permet la circulation de l'eau. La rotation des disques permet le contact du film biologique qui les recouvre avec l'eau usées et l'air, c'est presque le même système que le lit bactérien traditionnel. [28]

II-6-5 Traitement tertiaire :

L'expression «Traitement tertiaire» peut désigner plusieurs types de traitements ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement atteindre d'un traitement secondaire. Le traitement tertiaire peut viser un enlèvement plus poussé pour des paramètres conventionnels comme les matières en suspension ou encore certains paramètres pour lesquels il y a peu d'élimination dans un traitement secondaire comme le phosphore, les nitrates ...etc.

Parmi les étapes qu'on peut trouver dans un traitement tertiaire :

- La déphosphoration.
- La désinfection.
- La dénitrification.

a- Déphosphoration :

Le phosphore contenu dans les eaux usées constitue un élément nutritif susceptible d'entraîner une croissance excessive d'organismes végétaux (algues, plantes aquatiques) et causer l'eutrophisation du milieu récepteur.

L'élimination du phosphore des eaux usées se fait essentiellement par précipitation chimique

(sulfate d'alumine, chlorure ferrique, sulfate ferreux, chlorure ferreux, aluminat de sodium, chlorure d'aluminium prépolymérisé), par voie biologique (basée sur un traitement par culture en suspension ou par boues actives) et par l'utilisation des plantes aquatiques flottantes (utilisation de la jacinthe d'eau et la lenticule).[29]

b-Désinfection :

La désinfection des eaux usées est exigée lorsque la protection des usagers du milieu récepteur le requiert et seulement durant les périodes de l'année où cette protection est nécessaire.

Le désinfectant choisi doit renfermer les caractéristiques suivantes :

- Efficace pour la plupart des micro-organismes pathogènes.
- N'engendre pas la formation de sous – produits indésirables.
- Non dangereux pour les humains et pour la vie aquatique.

Les moyens de désinfection des eaux usées les plus couramment utilisés, pour les eaux à utilisation spécifique, dans le monde sont la chloration, l'ozonation, les rayons ultraviolets ...etc.

c- Dénitrification :

La dénitrification consiste à éliminer les nitrates présents dans un élément, en l'occurrence l'eau. L'élimination a lieu par la transformation des nitrates en gaz inerte.

La dénitrification aura lieu par l'intermédiaire d'organisme vivant, des bactéries qui ont besoin d'oxygène pour leur propre respiration.

La thiobacillus denitrificans est une bactérie qui utilise l'oxygène des nitrates et réduit ces derniers en azote gazeux.

Ce processus a donc lieu lorsque la bactérie se trouve en présence de nitrates dans un milieu pauvre en oxygène. Plus le milieu est pauvre en oxygène, plus les bactéries vont trouver l'oxygène qui leur manque dans les nitrates.

Certaines plantes telles que la luzerne sont également propices à cette dénitrification naturelle.

La dénitrification naturelle suppose certaines conditions à savoir :

- Oxygène rare.
- Alimentation en eau pas trop abondante.
- Bactéries dé- nitrifiantes fragiles.[30]

II-7 Les Différents types des STEP :

II-7-1 station d'épuration :

Une station d'épuration peut s'apparenter à une usine de dépollution des eaux usées avant leur rejet en milieu naturel, généralement en rivière.

Par sa fonction, elle est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et en amont du milieu naturel.

Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, chacun de ces dispositifs étant conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux.

Il existe plusieurs filières de stations d'épuration selon le type et la quantité de pollution à traiter.

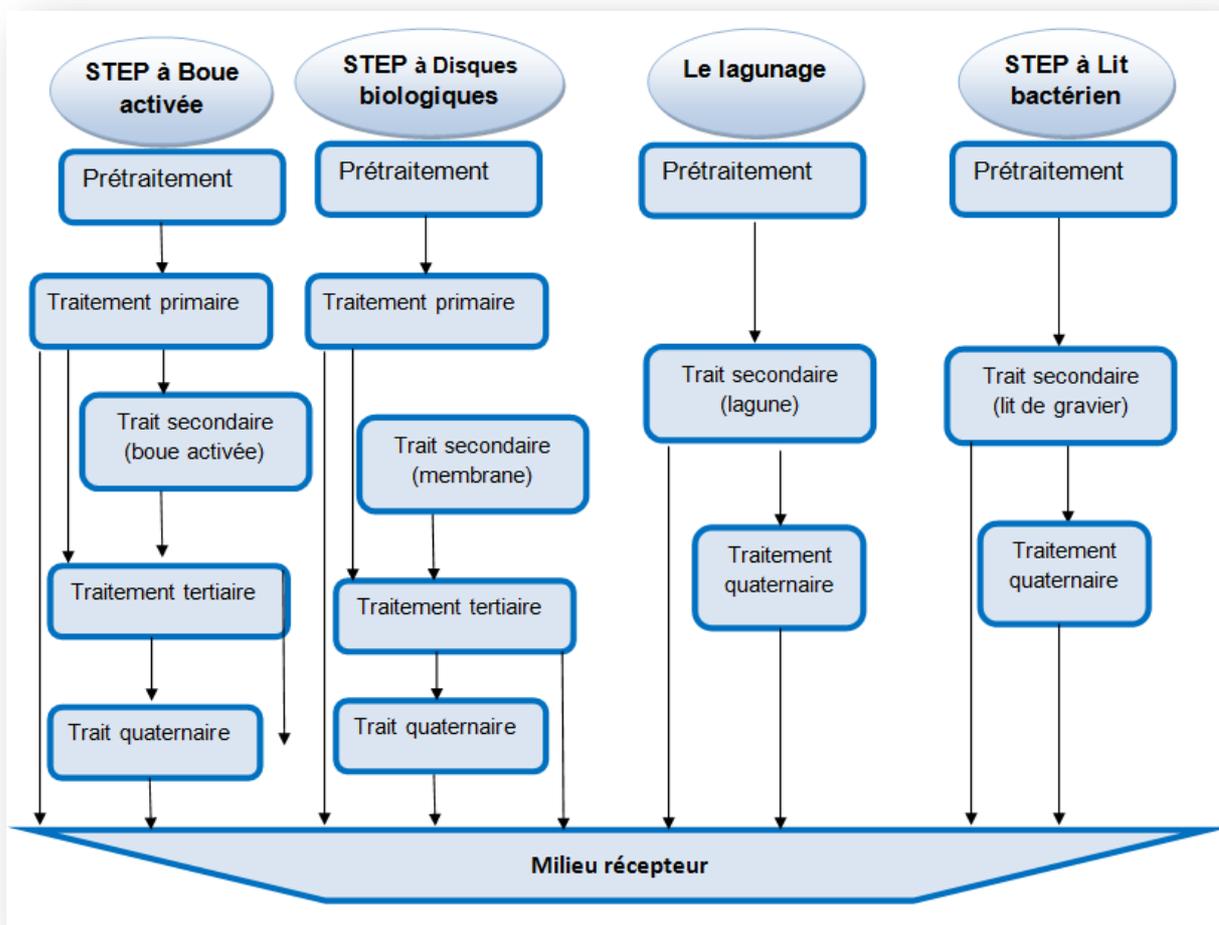


Figure N°15 : différentes filières des stations d'épuration domestiques.



Figure N°16 : Représentation d'une station d'épuration domestique : vue d'ensemble

a) STEP à Lit bactérien :

C'est un procédé d'épuration biologique constitué de matériaux inertes minéraux ou plastiques arrosés périodiquement avec l'eau polluée.

Les micro-organismes prolifèrent dans le film gélatineux qui se développe sur les matériaux.

Il consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement.

Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro organismes assimilateurs.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond.

Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux.

❖ Ce système d'épuration présente certains avantages :

- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- Bonne dilatabilité des boues ;

- Plus faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées.

❖ **Mais ce système a des inconvénients :**

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception.

Un dimensionnement plus réaliste doit, par conséquent, permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;

- Coûts d'investissement assez élevés ;
- Nécessité de prétraitements efficaces ;
- Sensibilité au colmatage et au froid ;

- Source de développement d'insectes (en cas de conception et/ou d'exploitation défectueuse).

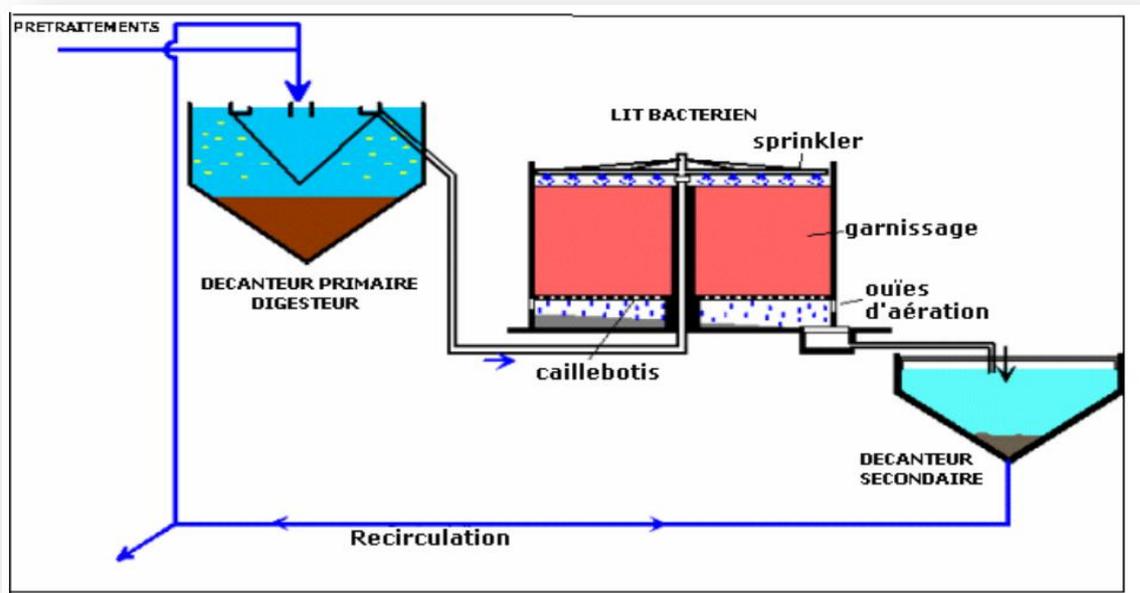


Figure N°17 : Procédé à lit bactérien.

b) STEP à Disques biologiques:

Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques.

Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

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

❖ **Ce système d'épuration présente certains avantages :**

- Consommation électrique faible ;
- Exploitation simple ;

EAUX USEES ET EPURATION

- Boues bien épaissies dans le décanteur – digesteur ;
- Bonne résistance aux surcharges organiques et hydrauliques passagères ;
- Gestion des boues facilitée dans le cas d'une combinaison avec des lits plantés de roseaux.

❖ **Mais ce système a des inconvénients :**

- Nécessité d'un personnel ayant des compétences en électromécanique (mais fiabilité en nette progression) ;
- Abattement limité de l'azote en dimensionnement classique ;
- Sensibilité aux coupures d'électricité prolongées qui entraînent un développement inégal du film biologique entre les parties émergées et immergées (dessiccation de la partie émergée pendant l'arrêt).

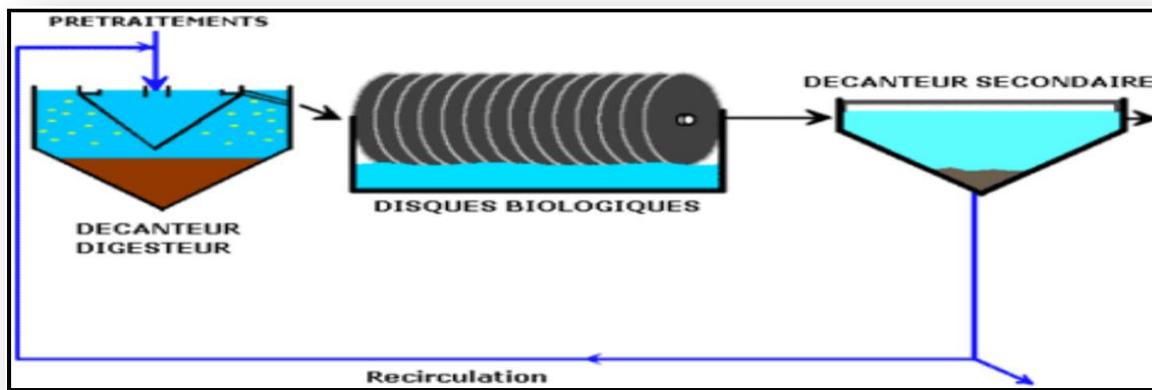


Figure N°18 : Procédé à disque biologique.

c) STEP à Boue activée :

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux.

Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées.

IL consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses.

On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue.

Ce système présente certains avantages : Ce procédé élimine les molécules de Phosphore, d'Azote et de Carbone présentes dans les eaux résiduaire.

Il est de plus relativement sûr, du fait du contrôle aisé des différents facteurs Nécessaires à son fonctionnement.

Comparé à la technique des lits bactériens, il est plus efficace et plus rapide.

Enfin, les nuisances telles que les odeurs ou les mouches sont inexistantes et son Installation demande peu de place.

EAUX USEES ET EPURATION

Mais ce système a des inconvénients : l'épuration biologique à boue activée est un dispositif qui nécessite un entretien rigoureux sous peine de dysfonctionnement, voire de panne.

L'investissement de départ est élevé, mais une comparaison avec les autres modes d'épuration permet de relativiser.

L'implantation d'un site dans un espace vert peut provoquer quelques nuisances, au niveau du bruit et des matériaux utilisés.

Enfin, la production de boues reste conséquente.

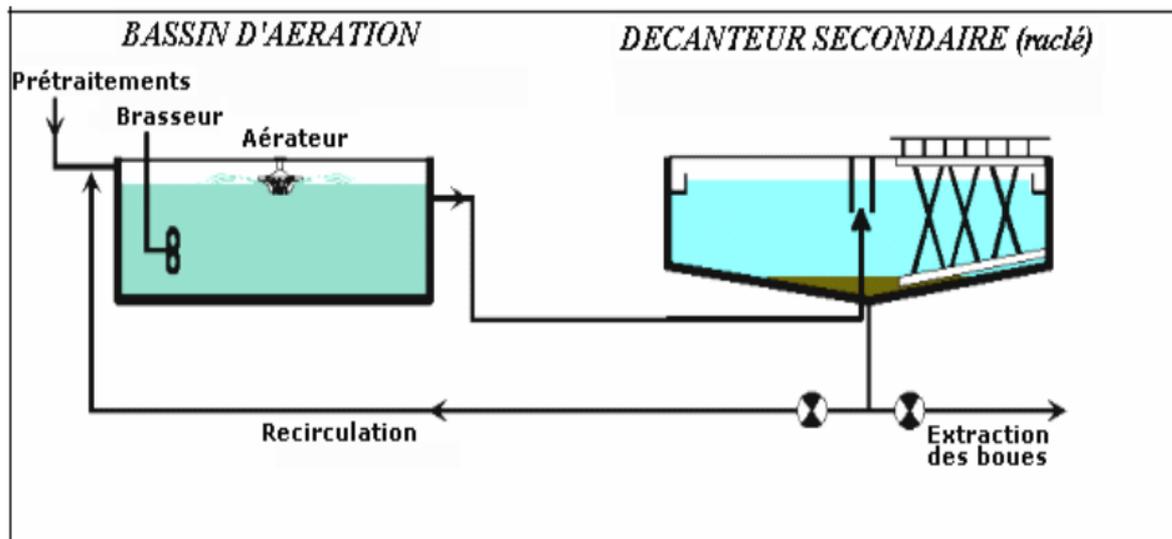


Figure N°19: Procédé à boue activée.

d) Le lagunage :

Il consiste à épurer des eaux usées dans des bassins étanches à l'aide de micro-organismes d'algues ou de plantes aquatiques. C'est un traitement biologique, donc écologique, respectueux de l'environnement, facilité par les rayons solaires.

Il constitue une alternative fiable, intéressante et assez peu coûteuse au traitement plus classique et physico-chimique des stations d'épuration habituelles et s'avère encore plus efficace dans l'élimination des substances pathogènes.

Les installations de lagunage permettent une optimisation du traitement de la pollution qui, au lieu d'asphyxier la nature, la nourrissent. Elles sont constituées de plans d'eau artificiels, lesquels peuvent être utilisés séparément mais le sont le plus souvent en série pour améliorer leur efficacité.

❖ **Ce système d'épuration présente certains avantages :**

- Excellente élimination de la pollution microbologique ;
- Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- Très bonne intégration paysagère ;

EAUX USEES ET EPURATION

- Valorisation aquacole et agricole de la biomasse planctonique produite et des effluents épurés ;
- Contribue au développement et à la diversification de la flore locale, ainsi qu'à la protection de la faune et de la biodiversité.

❖ Mais ce système a des inconvénients :

- Grande emprise foncière ;
- Variation saisonnière de la qualité de l'eau en sortie ;
- N'apprécie pas les grandes pollutions ponctuelles et les pollutions chimiques ;
- En cas de mauvais fonctionnement, il y a risque d'odeurs.

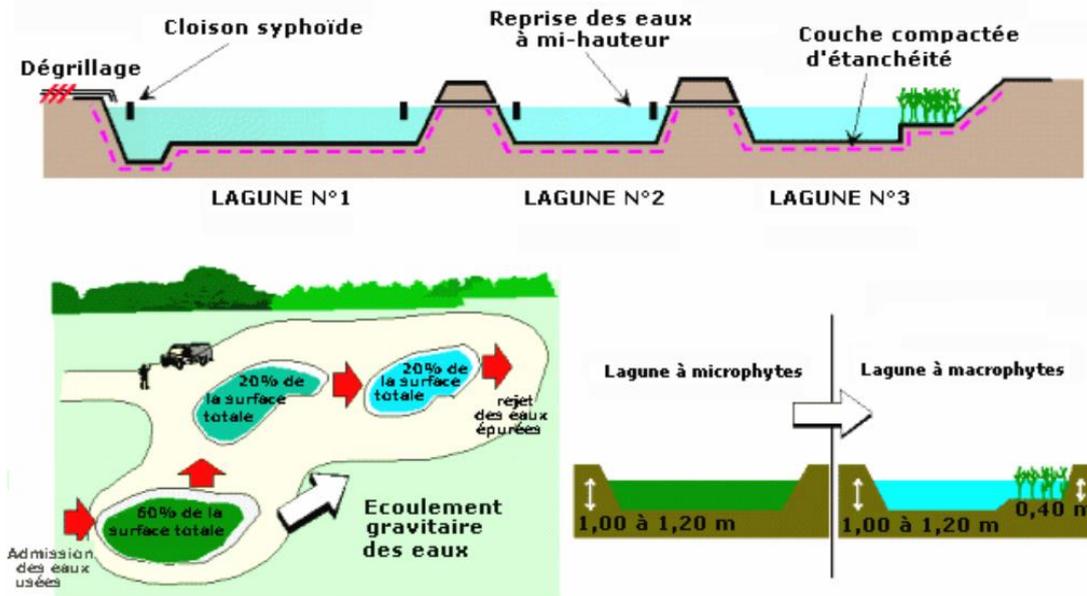


Figure N°20 : Procédé à lagunage.

II-8 les normes de rejet des eaux usées et eaux épurées :

II-8-1 Normes de rejet des eaux résiduaires en Algérie :

Ces normes représentent la valeur maximale des caractéristiques des eaux usées déversées dans le réseau public d'assainissement ou dans la station d'épuration selon l'article 12 du journal officiel numéro 36 du 27 jourmada ethani 1430 correspondant le 21 juin 2009, lorsque les résultats d'analyses montrent que les eaux usées ne sont pas en conformité avec les valeurs fixées de la décision d'autorisation, l'administration de la wilaya chargée des ressources en eau met en demeure le propriétaire de l'établissement de prendre, dans le délai qu'elle lui aura fixé, l'ensemble des mesures d'action à même de le rendre le diversement conforme aux prescriptions de l'autorisation.

Les valeurs limites maximales de la teneur en substance nocive dans les eaux usées autre que domestique au moment de leur diversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration selon le journal officiel de la république algérienne n° 36 du 21 juin 2009

EAUX USEES ET EPURATION

Tableau N°8 : les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives dans les eaux usées.

Paramètres	Valeur limite maximale (mg/l)
DBO₅	500
DCO	1000
MES	600
Mg	300
Nitrates	10
Phosphore totale	50
Température	<30 C°
PH	5.5-8.5
Azote globale	150
Aluminium	5
Argent	0.1
Arsenic	0.1
Béryllium	0.05
Cadmium	0.1
Chlore	3
Chrome hexa valent	0.1
Chrome trivalent	2
Chromâtes	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0.1
Etain	0.1
Fer	1
Fluorure	10
Hydrocarbure totaux	10
Mercure	0.01
Nickel	2
Phénol	1
Plomb	0.5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

EAUX USEES ET EPURATION

II-8-2 Normes de rejet des effluents épurés :

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetée dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

II-8-2-1 Norme Algérienne des effluents épurés :

Avant qu'elle soit rejetée dans le milieu naturel, les eaux usées doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre tous types de pollution.

Pour cela elles sont acheminées vers une station d'épuration ou elles subissent plusieurs phases de traitement en fonction du flux de leurs charges polluantes et de la sensibilité des milieux récepteurs , contre toute pollution.

Les valeurs limites maximale de rejets d'effluents fixées par le décret exécutif n° 06-141 du Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006,section1,article3.

**Tableau N°9 : Normes de rejet des eaux résiduaires
Traitées en Algérie :**

Paramètres	Valeur limite maximale (mg/l)
DBO₅	35
DCO	120
MES	35
Azote kjeldahl	30
Phosphate	2
Phosphore totale	10
Température	30 C°
PH	6.5 - 8.5
Cyanures	0.1
Aluminium	3
Cadmium	0.2
Fer	3
Manganèse	1
Mercure totale	0.01
Nickel totale	0.5
Plomb totale	0.5
Cuivre totale	0.5
Zinc totale	3

EAUX USEES ET EPURATION

Huile et grasses	20
Hydrocarbure totaux	10
Indice phénol	0.3
Fluore et composées	15
Etain totale	2
Composé organique chlorés	5
Chrome	0.5
Chrome III+	3
Chrome VI	0.1
Solant organique	20
Chlore actif	1
PCB	0.001
Détergents	02
Tensioactif anionique	10

II-8-2-2 Normes internationale :

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

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) respectives pour les eaux usées.

Tableau n°10 : normes de rejets internationales.

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
DBO₅	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH₄⁺	<0.5 mg/l
NO₂	1 mg/l
NO₃	<1 mg/l
P₂O₂	<2 mg/l
Température	<30° C
Couleur	Incouleur
odeur	In odeur

EAUX USEES ET EPURATION

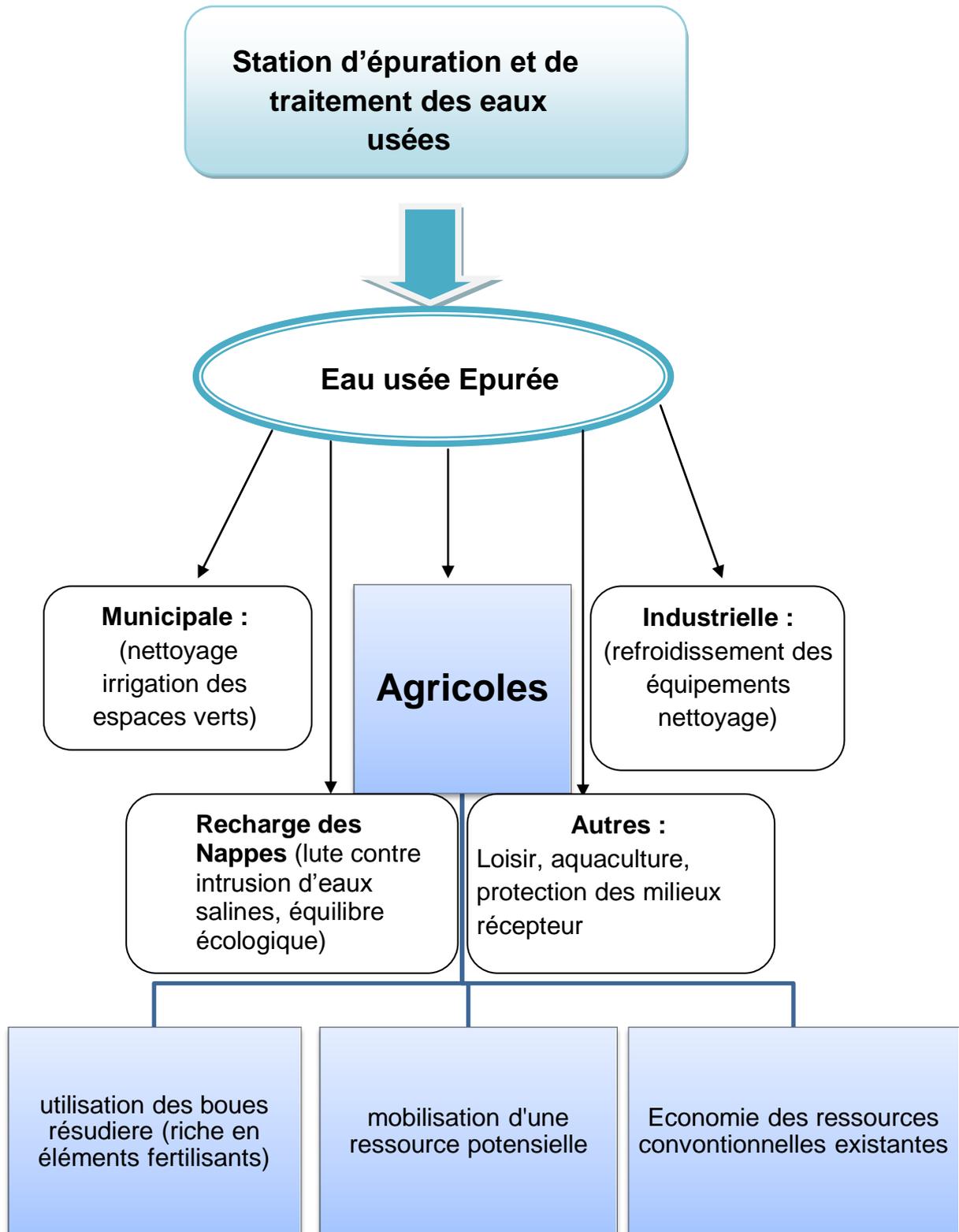


Figure N°21 : les domaines d'utilisation des eaux usées épurées.

II-9 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a connu tout les paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux usées, ainsi que leurs polluants.

Ces polluants représentent un grand danger sur la population, la couche végétale et le milieu récepteur, donc il faut épurer les eaux usées pour éliminer les polluants dangereux et protéger la population et le milieu récepteur.



CHAPITRE III :
FONCTIONNEMENT
DE LA STEP

III-1 INTRODUCTION :

Sidi Merouane est une commune parmi les trente deux communes de la wilaya de Mila en Algérie ,elle est situé à 12 km du nord-ouest du chef lieu de wilaya.

La commune de Sidi Merouane se trouve sur une zone de reliefs accidentés à forte pente sud-nord. Elle est bordée nord en arc-de-cercle par le barrage de Beni Haroune qui lui donne un aspect de presqu'île.

En outre, la commune de sidi merouane disponible à une station d'épuration des eaux usées qui jeu un rôle très important sur la protection du barrage beni haroune et la protection de l'environnement et l'écologie.

La station d'épuration de Sidi Merouane :

Réalisée pour atténuer la pollution du lac du barrage de Beni Haroun, et particulièrement au niveau du lac du barrage qui reçoit les eaux de l'oued Rhumel et oued Endja, la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane, première d'une série de trois programmées dans ce bassin versant, a été réceptionnée l'an 2009 par l'ONA, maître de l'ouvrage.

Réalisée par GCB (une filiale de Sonatrach spécialisée en génie civil et bâtiment) sous la houlette d'un directeur de projet qui était à cheval pour la bonne exécution des travaux, et OTV (une entreprise française chargée de l'équipement), Cette station, dont la capacité d'épuration est de 20 657 m³/j ou 137 000 équivalent habitant, est appelée à prendre en charge les eaux résiduaires de Mila, Grarem gougua, Sidi-Merouane, Ras- El-Bir, Annouche Ali, Sibari 1 et Sibari 2. Une fois épurées, ces eaux produites par la station seront déversées dans la cuvette du barrage qui se trouve juste à proximité. La filière de traitement se fera par un procédé de boues activées à faible charge (aération prolongée) avec un traitement de l'azote et du phosphore. La qualité rejetée sera conforme aux standards internationaux, à savoir inférieure à 30 mg/l pour la DBO, inférieure à 30 mg/l pour les MES, inférieur à 90 mg/l pour la DCO, inférieure ou égale à 10 mg/l pour l'azote et 50 à 80% (selon les saisons) pour le phosphore total.

III-2 La situation géographique de la commune de sidi merouane :

La commune de Sidi Merouane se situe au nord-est de la wilaya de Mila à 12 km au nord du chef lieu de la wilaya de Mila.

Elle est limitée administrativement par :

- La commune de chigara au nord.
- La commune de Mila au sud et au sud-est.
- La commune de Grarem gouga à l'est et au nord-est.
- La commune de terrai bainen à l'ouest et au nord ouest.
- La commune de zegaia au sud ouest.



Figure N°22 : schéma représentatif des Communes limitrophes de la commune Sidi Merouane

III-3 La situation démographique :

La commune de sidi merouane s'étend sur 35 km² et compte 23 088 habitants au dernier recensement de la population en 2008.

La densité de population est de 659,7 habitants par km² avec un taux d'accroissement De 1.5 %.

L'évolution démographique de la commune de sidi merouane de 1987 à 2015 est représentée dans le tableau suivant :

Fonctionnement de la STEP

Tableau N°11 : évolution démographique de la commune de Sidi Merouane

Année	1987	1998	2005	2008	2015
Population (hab)	14648	20114	21894	23088	26226

III- 4 Situation géographique de la STEP de SIDI-MEROUANE :

La commune de Sidi Merouane se situe gauche sur la rive du lac de Beni Haroune.

La station est implantée sur le territoire de la commune de Sidi Merouane sur 16 hectares environ, sa mise en service a été effectuée le 20/08/2009.

La station est conçue pour traiter les eaux usées venues de la commune de Mila, Grarem Gouga, Sidi Merouane, Sibari 1, Sibari 2, et Ras-Elbir. Les effluents traités sont destinés à être rejetés dans la cuvette du barrage de Beni Haroune.

La station fait partie des installations de protection de ce barrage de Beni Haroune.



Figure N°23 : photo satellite; situation géographique de la STEP de Sidi Merouane.

III-4-1 Station d'épuration des eaux usées (STEP) de la ville de sidi merouane :

La station d'épuration des eaux usées de la ville sidi-merouane rassemble une succession de dispositifs, chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux usées.



Figure N°24 : Vue générale de la station de Sidi Merouane.

Le schéma ci-dessous (**figure N°25**), représente le fonctionnement de ces différents dispositifs :

Fonctionnement de la STEP

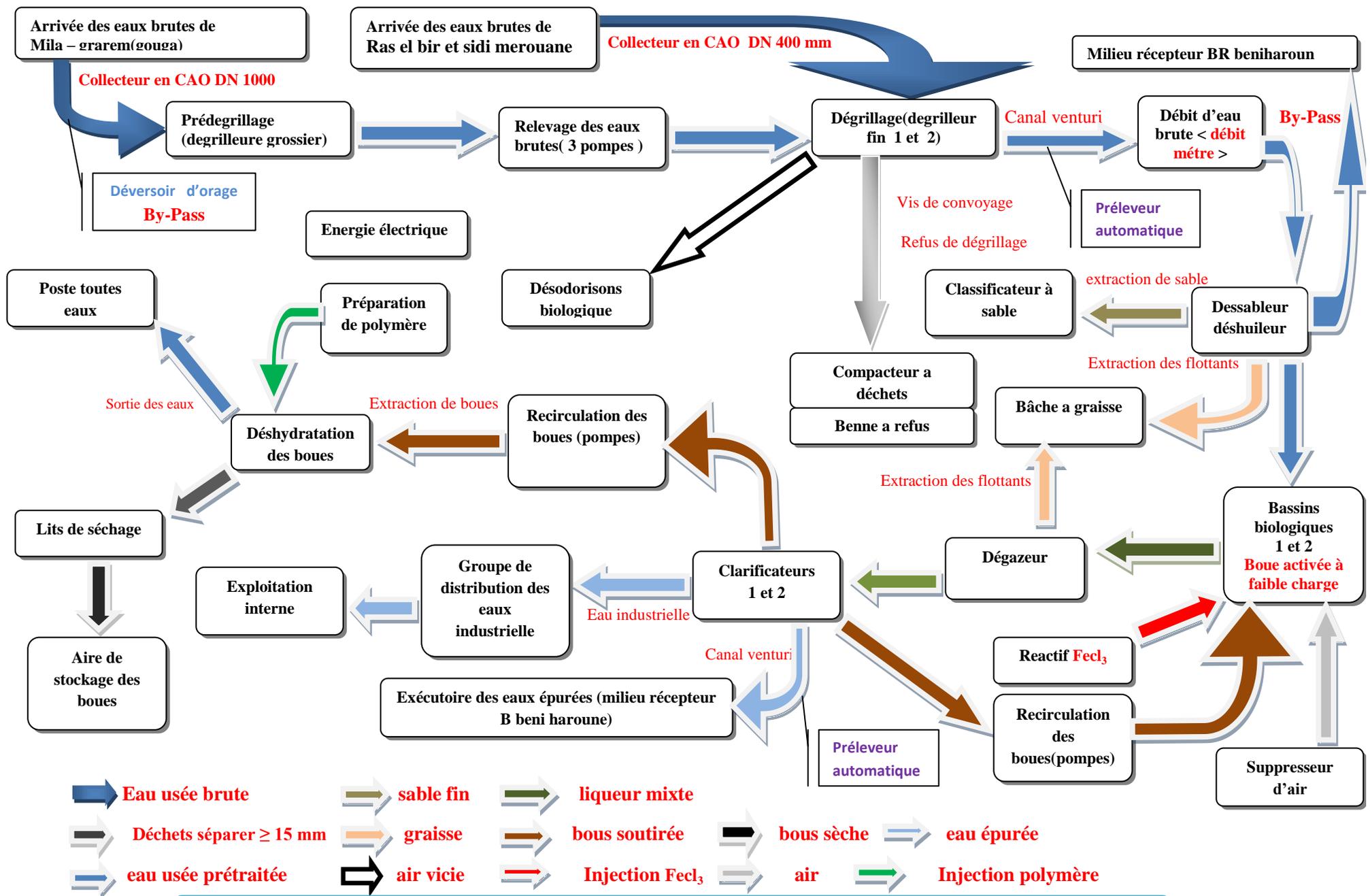


Figure N°25 : schéma explicatif de différents étapes d'épuration des eaux usées dans la STEP de s.merouane

Fonctionnement de la STEP

III-4-2 L'impact de la station d'épuration :

La réalisation de la station d'épuration de la commune de sidi merouane destinée à épurer les eaux usées rejetées juste en amont du barrage beni haroune en vue de pallier aux problèmes de pollution du milieu récepteur.

L'objectif essentiel de cette station est de protéger le barrage de beni haroune contre le phénomène de pollution, sachant que ce barrage est destiné à l'alimentation d'eau potable de six wilayas de l'est de l'Algérie : Mila, Constantine, Batna, Jijel, Oum Elbouaghi, Khenchela.

III-5 caractéristiques de la station de sidi-merouane:

III-5-1 la capacité de la STEP de sidi-merouane :

la STEP de sidi-merouane est une station a boue active a faible charge , la capacité en équivalent habitant de la step est :

- 137000 équivalents habitants à l'horizon actuellement.
- 205500 équivalents habitants à l'horizon 2030.
- A partir à l'horizon 2030 l'extension est obligatoire.

III-5-2 la charge hydraulique de la STEP de sidi-merouane:

Les débits maximaux pris en charge par la station actuellement sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°12 :la charge hydraulique de la STEP.

Charges hydrauliques	Échéance 2016
Capacité épuratoire (EH)	137 000 EH
Débit moyen temps sec (m ³ /j)	20 550
Débit moyen temps de pluie (m ³ /j)	25 340
Débit maximal temps sec (m ³ /h)	1370
Débit maximal temps de pluie (m ³ /h)	2 055

III-6 description de différents ouvrages et principe de Fonctionnement de la STEP de sidi merouane :

Suivant le concept général du procès de traitement, les éléments de la station d'épuration de sidi merouane utilisés forment la chaine de traitement suivante : [31]

- 1°) Dégrilleur grossier & poste de relevage. [31]
- 2°) Dégrillage fin et comptage des effluents. [31]
- 3°) Dessablage / déshuilage. [31]
- 4°) Bassin d'aération (traitement biologique). [31]
- 5°) Dégazage. [31]
- 6°) Clarification et recirculation des boues. [31]
- 7°) Comptage et production d'eau de service (utilisation local). [31]
- 8°) Déshydratation des boues. [31]
- 9°) prélèvement d'échantillon. [31]

Fonctionnement de la STEP

III-6-1 Dégrillage grossier :

La présence d'un dégrilleur grossier permet de débarrasser les effluents des déchets de taille supérieure à 40 mm dans le but de protéger les pompes de relevage contre le colmatage.

Notre STEP est dotée de deux dégrilleurs grossier ,un automatique et un manuel à l'entrée du poste de relèvement des eaux brutes, le dégrilleur automatique est asservi au fonctionnement des pompes, couplé à une détection de niveau.

Tableau N°13 : Description des équipements Dégrillage grossier

Volume bêche	54 m ³
Nombre de dégrilleurs	1+1 secours manuel installé
L'espace entre les barreaux (entrefer)	40 mm
Largeur de canaux	1.2 m
Débit unitaire maximale admissible	2836 m ³
La vitesse de circulation	0.7 m/s
Dispositif de stockage des refus	2 bennes 1 m ³

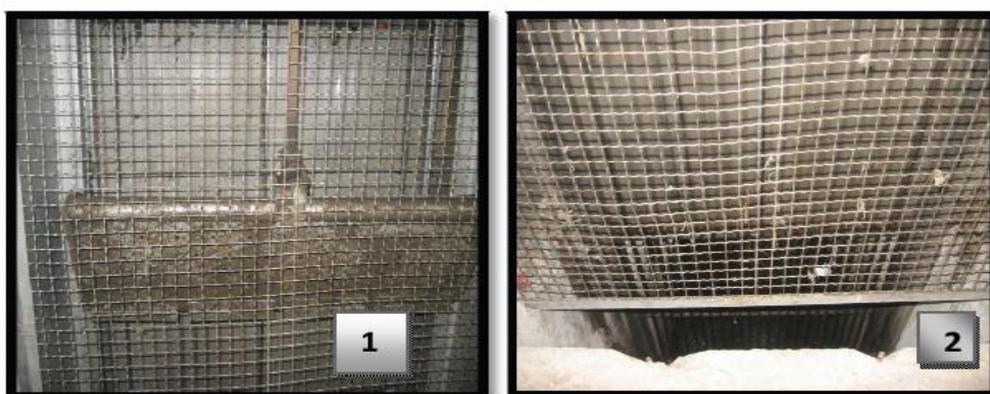


Figure N°26 : Dégrilleur grossier (1: automatique, 2 manuel).

III-6-2 Poste de relèvement des eaux brutes :

Le débit de pointe à relever sur ce poste est de 1892m³ /h en première phase, soit 92%du débit total de temps de pluie.

Les pompes du poste de relèvement, dont une est installée en secours, sont toutes Équipées de variateurs de fréquence. Ceci assure un fonctionnement régulier et sans coups béliers hydrauliques.

Le poste de relèvement est dimensionné pour recevoir une pompe supplémentaire en deuxième phase pour absorbé le débit prévu pour l'horizon 2030.

Le poste de relèvement est équipé d'un déversoir de trop plein permettant de by passer directement vers le rejet les eaux brutes non relevées.

Fonctionnement de la STEP

Tableau N°14 : Description des équipements poste de relevage

Nombre de pompe	3 (2+1 secours installé)
Type de pompe	Centrifuge, immergée
Le débit unitaire nominale	946 m ³ /h
HMT	20 mCE
La puissance unitaire installé	75 KW, 3 pompes équipées d'un variateur de fréquence.

III-6-3 Dégrillage fin :

Après dégrillage grossier et relevage, les eaux brutes sont mélangées dans un Ouvrage de répartition en amont.

Elles transitent ensuite par un dégrilleur fin (entrefer 15mm) dessiné à protéger l'ensemble des installations de l'accumulation de filasse et flottants de faibles volumes.

Ces dégrilleurs sont installés chacun dans un canal en béton. Une Troisième file est équipée d'une grille manuelle pour assurer les secours en cas de panne de l'un des dégrilleurs fins automatiques.

Tableau N°15 : Description des équipements Dégrillage fin

Nombre de dégrilleurs	2 dégrilleur automatique+1 secours
L'espace entre les barreaux (entrefer)	15 mm
Largeur de canaux	0.8 m
Débit maximale	2055 m ³
La vitesse de circulation	0.7 m/s
L'angle d'inclinaison	75°
Contenaires	2x15m ³



Figure N°27: Dégrilleur fin (1 : automatique, 2 : manuel)

Fonctionnement de la STEP

III-6-4 Comptage Des Effluents :

Un comptage des effluents admis dans la station est réalisé en aval du dégrillage fin dans un canal venturi. Le niveau est mesuré à ultra sonde.

Un préleveur automatique d'échantillon réfrigéré permet de contrôler la qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la station.

Un by-pass de la station est installé à sortie du dessablage déshuilage.

Tableau N°16 :Description des équipements Comptage Des Effluents .

Type de canal de comptage	Venturi en canal ouvert pour mesure par sonde ultrasonique
Construction	Polyester
Débit nominal	3100 m ³ /h

III-6-5- Dessablage-déshuilage :

Dessablage-déshuilage qui permettent la décantation des résidus les plus denses (sable) et la flottation des déchets plus légers (graisses et déchets fins). Ces ouvrages reçoivent également les matières de vidanges extérieures.

L'élimination du sable évite l'abrasion des équipements suites en aval. Celle des graisses favorise le transfert d'oxygène dans le bassin d'aération.

isolables par batardeaux. Actuellement deux dessableurs sont équipés. Le troisième est prévu pour la phase prochaine.

Tableau N°17 :Description des équipements Dessablage-déshuilage

Nombre de ligne	2 en service +1 en secours
Type racleur	Pont automoteur
Largeur de canaux	4 m
Temps de séjour	18 min
La vitesse de circulation	0.7 m/s
Débit moyenne par ouvrage	528 m ³ /h
Vitesse décantation moyenne	12.9 m/h



Figure N°28: Déssableur /Déshuilleur.

III-6-5-1 les pompes à sables :

Les pompes à sables refoulent les sables vers le classificateur avant stockage en benne.

Pour un fiabilité maximale de l'installation, nous avons par ailleurs prévu une pompe de soutirage des sables en secouré magasin.

Tableau N°18 : Description des équipements les pompes à sables

Nombre des pompes	5 pompes (dont un secouré en caisse)
Type	Pompe à vortex en cale sèche
Débit unitaire nominale	37 m ³ /h
HMT nominale	17 mCE
Puissance unitaire installé	7.5 KW

III-6-5-2 classificateur à sable :

Le classificateur à sable extrait les sables de l'eau résiduelle pompée par les pompes à sable et les décharge sur la bande transporteuse commune aux refus des dégrilleurs et sables.

III-6-6 La désodorisation biologique :

III-6-6-1 Principe de fonctionnement :

Pour éviter les nuisances à l'extérieur de la station l'air vicié et collecté est orienté vers une unité de désodorisation avant rejetées.

Pour garantir un bon rendement d'élimination de polluant, la station de Sidi Merouane applique le procédé ALIZAR basé sur le traitement biologique par voie autotrophe.

Fonctionnement de la STEP

D'une façon générale, on peut distinguer deux étapes dans le fonctionnement d'un lit autotrophes ALIZAR est un bioréacteur à circulation d'air garni d'un matériau minéral biodagène. Le flux de l'air à traiter est ascendant. Un plancher perforé soutient le matériau, permettant à l'air de s'infiltrer uniformément et à l'eau d'arrosage de s'écouler.

ALIZAR nécessite peu d'investissement. Très économe en énergie, son cout d'exploitation reste faible .



Figure N°29: désodorisation biologique.

III-6-7 Le traitement biologique :

Le traitement biologique effectuée est un traitement par boues activées a faible charge travaillant en nitrification-dénitrification, associée à une déphosphatation biologique.

Enfin, pour une fiabilité maximale et une grande souplesse d'exploitation, le Traitement biologique (boue activée+clarification) est constitue par deux files parallèles et isolables l'une de l'autre.

Un répartiteur amont permet d'équilibrer la distribution sur chaque file mais aussi d'isoler une file par simple jeu de vanne, ou bien de by-passer le traitement biologique.

Il y a deux bassins biologiques en béton armé d'une capacité de 13000 m³, Chaque bassin biologique est constitué de trois zones :

- ✓ Zone anoxie amont
- ✓ Zone anaérobie
- ✓ Chenal ou se succèdent des zones anoxies et aérées.

Tableau N°19: caractéristique des bassins biologiques

Nombre de file	2
Volume globale de réacteur biologique	26000 m ³
Charge volumique	0.263 kg DBO/m ³ /j
Temps de séjour	30.4 h
La vitesse de circulation	0.7 m/s

Fonctionnement de la STEP

III-6-7-1 Le chenal avec zone anoxie et aérée :

III-6-7-1-1 La zone aérée dans le chenal :

En présence d'oxygène, il y a de l'oxydation de la pollution carbonée, nitrification et accumulation de phosphore dans les cellules bactériennes.

Le processus de nitrification est représenté par les équations suivantes :



Tableau N°20 : caractéristique de la zone aérée dans le chenal.

La forme	Oblong
Le Volume	21900 m ³
Nombre d'agitateur	5(4+1secoure installé)
Age des boues	15 j
Concentration des boues	5 g/l
Nombre de surpresseur	2



Figure N°30 : zone aérée dans le chenal

III-6-7-1-2 La zone anoxie dans le chenal :

La dénitrification est faite par circulation de liqueur mixte à l'intérieure du chenal a l'aide d'agitateurs lents du type " pale banane". Cette configuration combinée aux alternances de phase aérée et non aérée développe des conditions anoxiques propices à la dénitrification.

Le processus de dénitrification est représenté par l'équation suivante :





Figure N°31 : zone anoxie dans le chenal.

III-6-7-2 la zone d'anoxie amont :

Cette cuve spécifique placée en tête de traitement biologique permet la mise en contact de la boue de recirculation avec une forte charge polluante, ce qui permet de jouer localement sur la composition en substrat du milieu et d'assurer une sélection bactérienne limitant le développement des filamenteuses.

Parallèlement, cette zone non aérée permet d'éliminer les nitrates et de garantir une zone anaérobie stricte dans le second compartiment.

III-6-7-3 La zone anaérobie :

Ce processus s'effectue dans le deuxième compartiment de la bêche accolée à chaque chenal.

La déphosphoration biologique se traduit par un transfert de phosphore de la phase liquide (eaux usées) vers la biomasse épuratrice qui s'enrichit progressivement en phosphore.

Après avoir éliminé dans le premier compartiment d'anoxie amont les nitrates contenus dans la recirculation des boues, les cellules épuratrice vont se trouver en milieu strictement anaérobie, c'est-à-dire sans apport d'aucune source d'oxygène (O_2 , NO_2 , NO_3).

L'élimination du phosphore par voie biologique ne se produit qu'en présence de condition d'anaérobiose. C'est-à-dire une absence d'oxygène sous forme libre au combinée mais aussi en présence de carbone facilement assimilable, pour cela l'effluent ne doit pas être aéré et contenir une quantité minimale de nitrate, ceci pour éviter qu'une dénitrification partielle se réalise dans cette zone.

Fonctionnement de la STEP

Le processus de déphosphoration Cas du chlorure ferrique est représenté par l'équation suivante :



Tableau N°21 : caractéristique de la zone anaérobie.

La forme	Rectangulaire
Le Volume	1550+2550 m ³
Nombre d'agitateur	4
Concentration O₂	2-4 mg/l

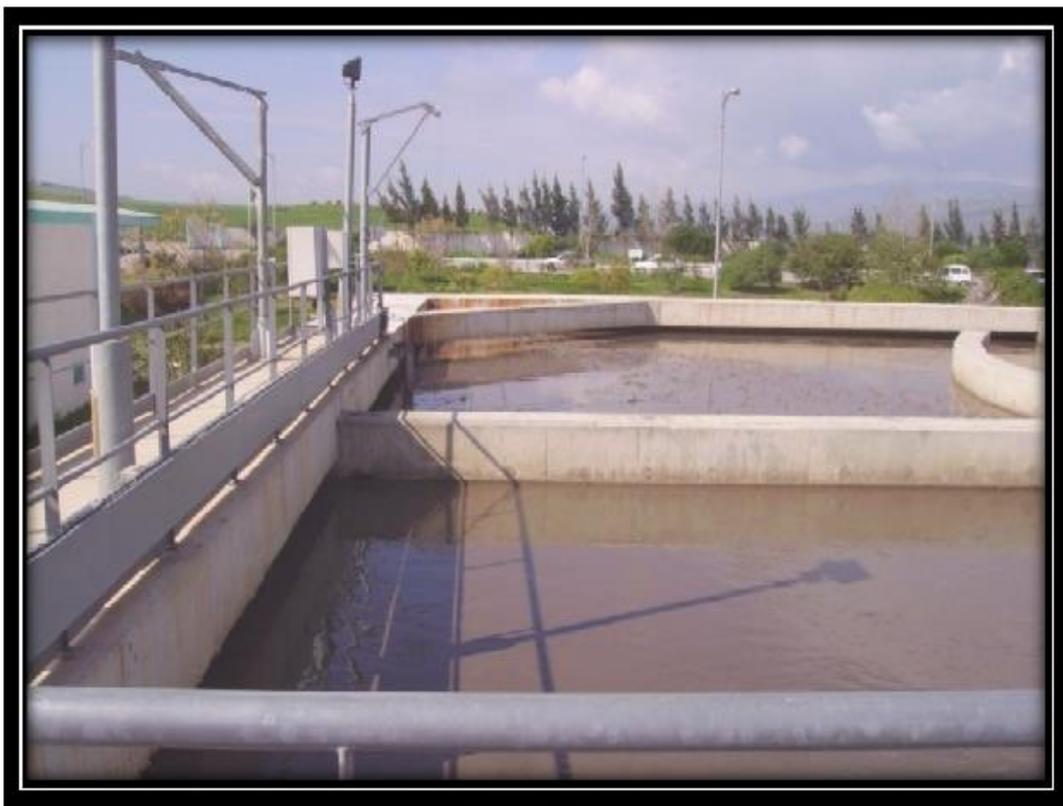


Figure n°32 : zone anaérobie

III-6-8 Le dégazage :

La station est munie d'un dégazeur commun à la file un et deux. Cet ouvrage assure le dégazage de l'effluent avant clarification. L'alimentation en liqueurs mixtes à dégazer est faite gravitairement depuis chaque chenal vers l'ouvrage de dégazage. Le départ vers chaque clarificateur s'effectue en pied de bêche, les surnageant sont pièges en surface, une goulotte placée sous la surface de dégazage, permet la

Fonctionnement de la STEP

récupération des flottants lors du passage du racleur circulaire placé en surface de l'ouvrage.

Tableau N°22: caractéristique de dégazeur.

Nombre	1
La forme	Circulaire
Le Volume	450 m ³
diamètre	9 m
profondeur	8 m



Figure N°33: dégazeur.

III-6-9 La clarification et la recirculation des boues :

La clarification des eaux s'effluent dans deux ouvrages indépendants. La liqueur mixte issue du traitement biologique est envoyée gravitairement vers les clarificateurs après dégazage.

Les boues décantent en fond d'ouvrage .De là elles sont aspirées grâce à un ensemble de tubes verticaux qui balayent toute la surface de l'ouvrage à chaque rotation du pont .Un pont- racleur conventionnel conduirait à un temps de séjour plus important surtout pour les boues décantant en périphérie qui devraient alors être ramenées en partie centrale de l'ouvrage avant extraction.

Les effluents traités seront comptabilisés et rejetés dans la cuvette du barrage de Beni Haroune.

Fonctionnement de la STEP

Tableau N°23 : caractéristique de clarificateur.

Nombre de clarificateurs	2
Type (La forme)	Circulaire
Le Volume	5323 m ³
Diamètre	44 m
Temps de séjour	4.8 h
Hauteur d'eau	3.5 m



Figure N°34: clarificateur.

III-6-9-1 recirculation des boues :

Les boues soutirées sont envoyées via le fut central de chaque ouvrage vers le puits à boues et sont recerclées par des pompes vers le bassin biologique afin de réensemencer en permanence en boues. D'autre part les boues en excès sont envoyées vers le poste d'épaississement des boues.

Fonctionnement de la STEP

Tableau N°24 : description de l'équipement de recirculation des boues.

types	Pompes centrifuges immergée
Nombre	6(4+2 secoure installé)
HMT	5 mCE
Débit unitaire	551 m ³ /h
puissance unitaire	12.5 KW



Figure N°35 : recirculation des Boues.

III-6-10 Comptage et production des eaux de service :

Les eaux traitées sont collectées et acheminées par canalisation vers un canal de comptage de type Venturi.

Un préleveur automatique d'échantillons, en poste fixe et thermostaté, permet de contrôler la qualité des eaux traitées. Un poste de surpression d'eau permet la production d'eau industrielle à partir de l'eau traitée soutirée avant comptage.

Tableau N°25 : description des équipements de comptage et production.

Type des pompes	Rotor excentré centrifuge immergée
Nombre des pompes	4(2+2 secours installé)
Débit unitaire	70 m ³ /h
Puissance unitaire	11 KW
HMT	91.1 m

III-6-11 Déshydratation Des Boues :

III-6-11-1 Table D'égouttage :

Les boues sont extraites depuis les bâches de recirculation par quatre pompes dont deux en secours alimentant tables d'égouttage.

Les boues extraites sont flocculées par injection d'un polymère en tête de chaque machine, ce qui permet d'améliorer la formation des floccs.

La séparation gravitaire s'effectue dans la zone d'égouttage où la plupart du liquide présent entre les matières en suspension s'écoule. La table est équipée de peignes (déflecteurs) qui drainent la boue et la répartissent sur la toile.

En situation future (horizon 2030) une troisième table d'égouttage sera placée dans le local d'épaississement à l'emplacement réservé à cet effet.



Figure N°36: table d'égouttage.

III-6-11-2 Conditionnement au polymère :

La station d'épuration de Sidi Merouane est dotée d'une centrale de préparation automatique, à partir de polymère en poudre.

Le polymère utilisé actuellement, sous forme d'acide adipique penta sodium dethylenetriamine penta acétate et portant le nom commercial de CROSEFLOC C-598, est livré en poudre et stocké dans le local de traitement des boues, il est dosé et dilué avec de l'eau potable.

Afin d'assurer une bonne dilution, la préparation automatique est équipée de deux agitateurs pendulaires.

Enfin, une alimentation en eau industrielle permet une dilution supplémentaire en ligne du polymère avant son injection en tête des tables d'égouttage.



Figure N°37 : Logement de Préparation du polymère.

III-6-11-3 filtres a bandes :

En ligne avec chaque table d'égouttage est en place un filtre à bandes. Ces filtres consistent en 02 bandes tendues par des rouleaux (en textile perméable) qui leur permettent d'envelopper la boue en une couche homogène pour la déshydrater sous l'action de la pression d'écrasement.

Tableau N°26: description des équipements des filtres à bandes.

Nombre d'unité	2
Largeur de bandes	2 m
Caractéristique de fonctionnement	7 j/semaine -8 h/j
Siccité en sortie	18 %

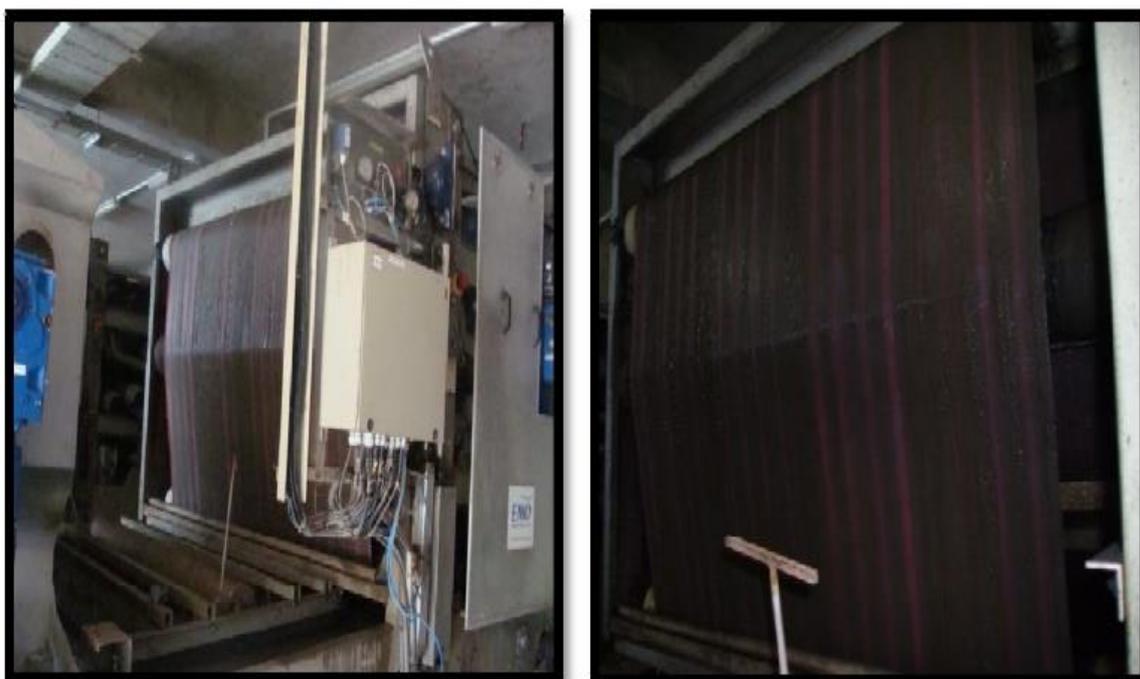


Figure N°38 : Filtre à Bande.

III-6-12 Séchage Des Boues :

III-6-12-1 lits de séchage :

Les boues déshydratées sont dirigées vers une benne de reprise par tapis transporteurs pour être épandues sur des lits de séchage. Chaque lit de séchage est constitué :

- ✓ D'un revêtement bétonné en pente.
- ✓ D'une bordure ajoutée de maintien des boues.
- ✓ D'un caniveau de drainage.

Les boues sont amenées et épandues sur lits de séchage par le tracteur équipé de sa benne après remplissage au moyen d'un tapis transporteur installé en aval des

Fonctionnement de la STEP

filtres à bandes installés dans le local épais si sèment. L'eau excédentaire est évacuée par séchage naturel.

La siccité obtenue en fin de séchage est de 40% en moyenne.

La gestion des lits de séchage fait se succéder pour chaque lit plusieurs fois par an les étapes suivantes :

- ✓ Épandage des boues déshydratées sur les lits
- ✓ Séchage grâce en particulier au vent
- ✓ Curage de la boue séchée
- ✓ Séchage grâce en particulier au vent
- ✓ Curage de la boue séchée

Tableau N°27 : caractéristiques des lits de séchage des boues.

Surface totale	4420 m ²
Temps de séchage hivernal	2 semaines
Temps de séchage estival	3 semaines
Réseau drainage	Evacuation périphérique



Figure N°39 : lits de séchage.

III-6-12-2 Air de stockage :

Les boues séchées régulièrement et stockées jusqu'à 06 mois dans une aire couverte placée à proximité des lits et de la voirie. Le curage est facilité par le choix d'un revêtement en dur. En effet, le sable de percolation n'est pas nécessaire ici puisque les boues à sécher sont déjà déshydratées mécaniquement (**ONA, 2005**).

Fonctionnement de la STEP

Tableau N°28 : caractéristiques d'air de stockage.

Surface totale	1300 m ²
Revanche de mur	3 m
Hauteur de passage	5 m



Figure N°40: Aire de stockage des boues sèches.

III-6-13 Poste toutes eaux :

Ce poste reçoit des retours internes d'origines diverses :

- ✓ eau du classificateur à sable,
- ✓ égouttures ou eaux de lavage issues des dérailleurs et du compacteur,
- ✓ eaux de nettoyage (sols, tuyauteries...),
- ✓ filtrats des tables d'égouttages.

Les égouttures sont collectées par un réseau de regard et de canalisation gravitaire. La poste toutes eaux est équipée de trois pompes de relèvement dont un en secours installé et de capture de niveau pour leur asservissement. Les retours issus du poste toutes eaux doivent être envoyés à l'amont des dessableurs (**ONA, 2005**).

Tableau n°29 : description des équipements de poste toutes eaux.

Dimension	4.9m 2.6m 2m
Nombre des pompes	3
Débit unitaire	130 m ³
HMT	8.5 mCE
puissance unitaire	5.5 KW

Fonctionnement de la STEP

III-6-14 Echantillonnage des eaux :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la quelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. Les échantillons d'eau ont été prélevés en période de 5 mois (de décembre 2015 jusque à avril 2016).

Les échantillons doivent être mis en analyse dans un délai de 24 heures après le prélèvement. Ainsi, les conditions de transport et de stockage doivent garantir le maintien de la chaîne du froid jusqu'à la mise en analyse au laboratoire.

III-6-14-1 Prélèvement :

Les récipients utilisés ne doivent pas apporter de substances toxiques et assurer une fois bouchés une protection totale contre toute contamination extérieure. Les prélèvements sont effectués dans des flacons stériles en verre. Tout flacon d'échantillonnage doit être clairement identifié et accompagné d'informations suffisantes concernant la nature de l'échantillon et les raisons pour les quelles l'examen est demandé.

La réalisation des prélèvements des échantillons d'eaux brutes et épurées à été réalisée dans des endroits bien définies :

- **Premier point** : prélèvent des eaux usées brut « après dégrilleurs fines » (Figure N° 41).
- **Deuxième points** : prélèvent des eaux épurée « à la sortie de la STEP » (Figure N° 42).

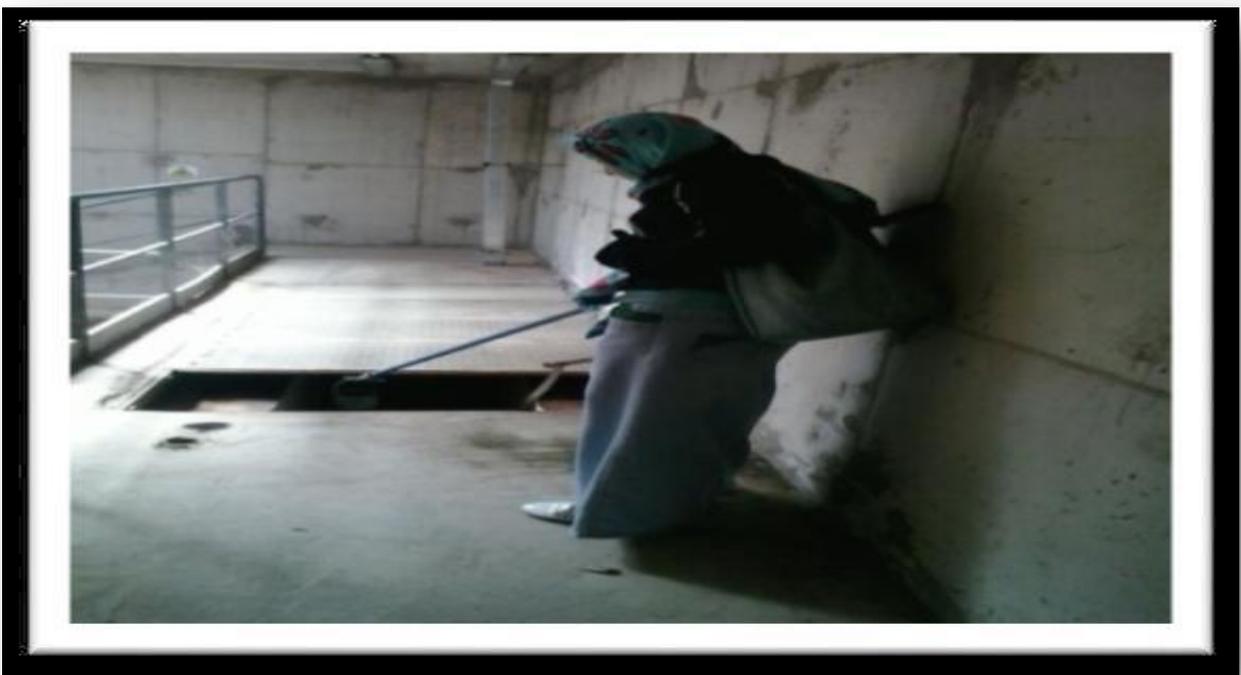


Figure N°41: prélèvement après dégrilleurs fins.



Figure N°42 : prélèvement de l'eau à la sortie (STEP) Sidi Merouane

III- 7 Conclusion :

Durant ce chapitre, on a étudié le fonctionnement de la STEP, les équipements installés, et toutes les étapes d'épuration des eaux usées, dont une petite partie des eaux usées épurées réutilisée dans la STEP pour nettoyage des équipements, et l'autre déversée dans le barrage de Beni Haroun.

Enfin, pour confirmer si ces eaux usées épurées sont aptes ou inaptes à l'utilisation agricole, il faut les analyser et comparer les résultats avec les normes Algériennes des eaux épurées.

CHAPITRE IV :
PARTIE
EXPÉRIMENTALE
APTITUDE A
L'IRRIGATION

IV- 1 Introduction :

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.

Alors que les rejets annuels d'eaux usées urbaines sont estimés à 750 millions de M³ actuellement.

L'objectif des stations d'épuration est de réduire la charge polluant qu'elles véhiculent, et d'améliorer la qualité des eaux usées pour le but de protéger le milieu récepteur.

On peut utiliser ces eaux dans certains domaines tels que l'agriculture qui est un secteur très important, pour prendre des bons résultats dans ce domaine, il faut épurer les rejets des eaux usées d'une manière fiable et faire des analyses physico-chimiques pour connaître ses caractéristiques.

IV-2 PARTIE EXPERIMENTALE :

Durant notre stage pratique au niveau de la STEP de sidi merouane-ONA MILA, nous avons fait des analyses des échantillons tirés en amont et à l'aval de la STE, nous avons obtenu les valeurs de concentration des différents paramètres physico-chimiques de l'eau, ces paramètres sont :

DBO₅, DCO, MES, PH, T°, NO₂, NO₃, NH₃, PO₄, O₂, conductivité, NT, NTK.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées épurées (en aval) qui sont rejetées à l'exutoire sont représentés dans les tableaux ci-dessous des cinq mois : décembre 2015, janvier-février-mars-Avril 2016.

APTITUDE A L'IRRIGATION

Tableau N°30 : les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Décembre.

Paramètres	Amont STEP (Eau brute)	Aval STEP (Eau épurée)
Débit moyen (m ³ /j)	4632	3801
MES (mg/l)	428.26	12.03
DBO ₅ (mg/l)	315.50	1.73
DCO (mg/l)	1075.00	21.00
N-NH ₃ (mg/l)	40.61	0.30
N-NO ₂ (mg/l)	9.13	0.03
N-NO ₃ (mg/l)	2.70	1.01
NTK (mg/l)	165.17	23.00
NT (mg/l)	177.00	24.04
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.28	0.061
O ₂ dissous (mg/l)	0.19	0.21
Conductivité (µs/cm)	2553	1920
T (°C)	15.60	15.00
PH	8.56	8.23

Tableau N°31 : les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de janvier.

Paramètres	Amont STEP (Eau brute)	Aval STEP (Eau épurée)
Débit moyen (m ³ /j)	3761	3212
MES (mg/l)	293.733	11.50
DBO ₅ (mg/l)	242.5	1.08
DCO (mg/l)	920.8	19.96
N-NH ₃ (mg/l)	30.5	0.105
N-NO ₂ (mg/l)	7.75	0.03
N-NO ₃ (mg/l)	5.5875	1.15
NTK (mg/l)	/	/
NT (mg/l)	128.1	25.513
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.21106	0.0614
O ₂ dissous (mg/l)	0.138	0.15
Conductivité (µs/cm)	2572	1848
T (°C)	15.01	14.9
PH	8.5205	8.2

APTITUDE A L'IRRIGATION

Tableau N°32 : les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de février.

Paramètres	Amont STEP (Eau brute)	Aval STEP (Eau épurée)
Débit moyen (m ³ /j)	5130	4162
MES (mg/l)	489.20	12.80
DBO ₅ (mg/l)	268.30	1.42
DCO (mg/l)	956.00	15.70
N-NH ₃ (mg/l)	42.70	0.45
N-NO ₂ (mg/l)	6.35	0.05
N-NO ₃ (mg/l)	4.87	1.00
NTK (mg/l)	140.78	22.05
NT (mg/l)	152.00	23.10
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.26	0.061
O ₂ dissous (mg/l)	0.21	0.23
Conductivité (µs/cm)	2572	1722
T (°C)	15.50	15.50
PH	8.52	8.21

Tableau N° 33: les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Mars.

Paramètres	Amont STEP (Eau brute)	Aval STEP (Eau épurée)
Débit moyen (m ³ /j)	5558	4687
MES (mg/l)	207.60	14.30
DBO ₅ (mg/l)	236.40	7.10
DCO (mg/l)	638.00	12.90
N-NH ₃ (mg/l)	37.10	2.06
N-NO ₂ (mg/l)	7.85	0.05
N-NO ₃ (mg/l)	8.67	1.19
NTK (mg/l)	138.48	14.66
NT (mg/l)	155.00	15.90
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.21	0.061
O ₂ dissous (mg/l)	0.19	0.22
Conductivité (µs/cm)	2591	1871
T (°C)	15.70	16.10
PH	8.31	8.04

APTITUDE A L'IRRIGATION

Tableau N°34 : les caractéristiques de l'effluent en aval durant le mois de Avril.

Paramètres	Amont STEP (Eau brute)	Aval STEP (Eau épurée)
Débit moyen (m ³ /j)	4695	4019
MES (mg/l)	250.60	13.90
DBO ₅ (mg/l)	300.90	13.80
DCO (mg/l)	793.30	21.80
N-NH ₃ (mg/l)	50.00	2.86
N-NO ₂ (mg/l)	9.60	0.21
N-NO ₃ (mg/l)	7.28	1.00
NTK (mg/l)	139.82	17.29
NT (mg/l)	156.70	18.50
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.1497	0.0614
O ₂ dissous (mg/l)	0.16	0.19
Conductivité (µs/cm)	2718	1668
T (°C)	18.40	19.30
PH	8.18	7.95

IV-2-1 Résultat et discussion des analyses des paramètres physico-chimiques de pollution :

a- La matière en suspension (MES) :

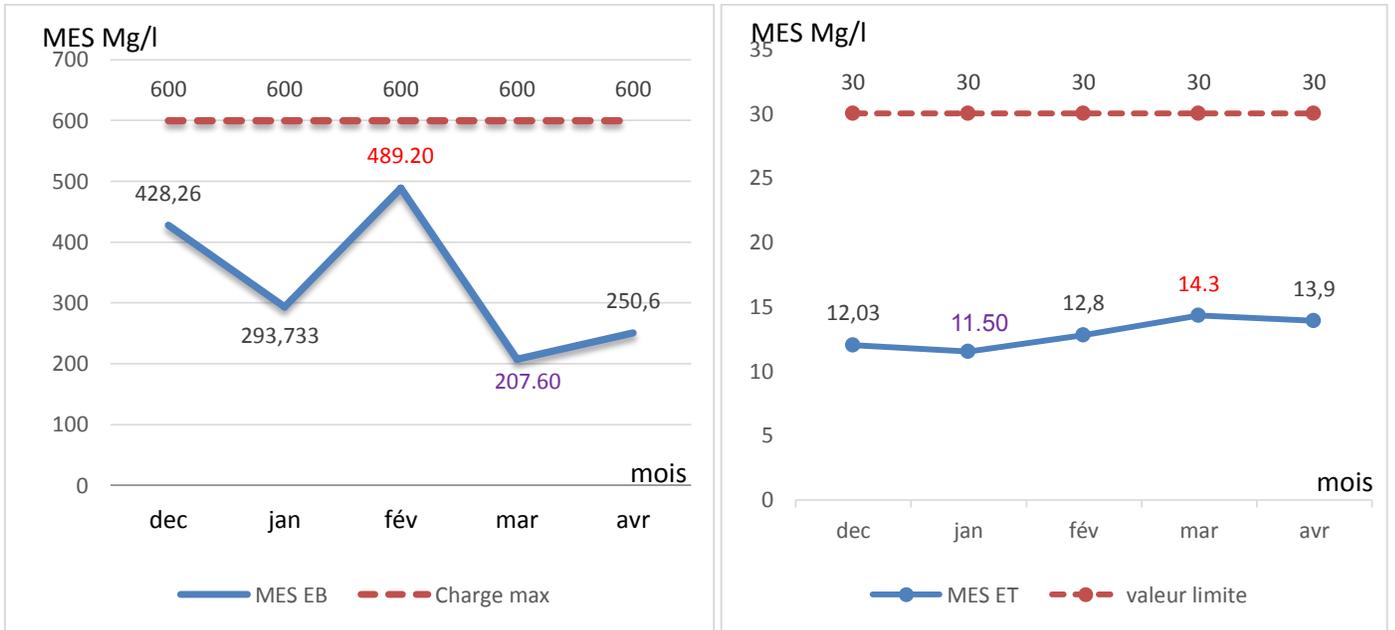


Figure N°43 : représentation graphique des variations des valeurs de MES des eaux brutes et épurées (de décembre 2015 à avril 2016).

A partir Du graphe, on remarque que les valeurs de MES des effluents brutes varient entre 489.2 et 207.6 mg/l, la valeur maximale de MES est enregistrée au mois de février à cause de la forte précipitation dans ce mois.et la valeur minimale de MES a été enregistrée au mois de mars.

Par contre dans les eaux épurées les valeurs de MES varient entre 14.3 et 11.5 mg/l. Enfin les valeurs de MES dans les effluents brutes et les eaux épurées ne dépassent pas les normes de la STEP.

APTITUDE A L'IRRIGATION

b- Le potentiel d'hydrogène (PH) :

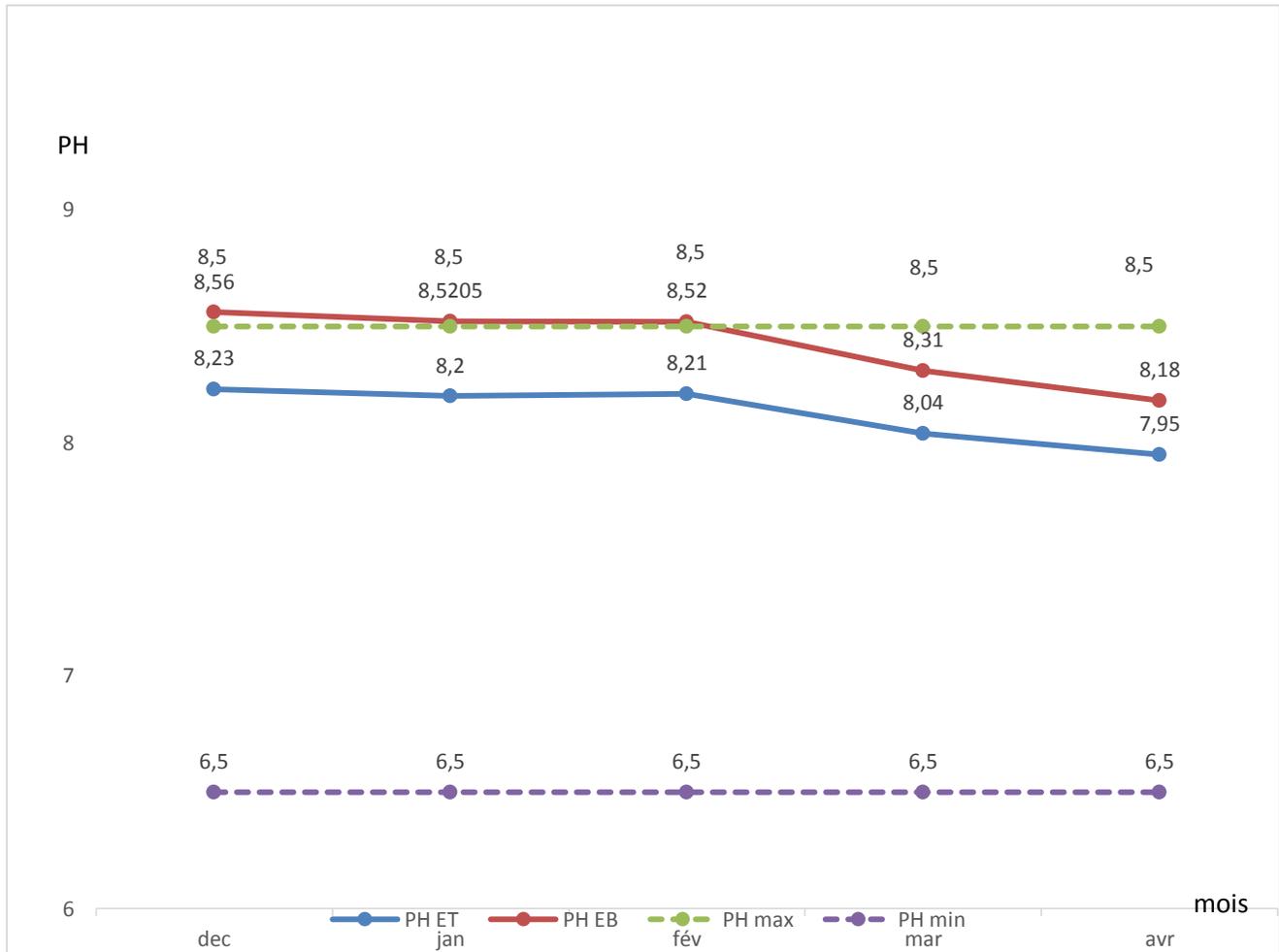


Figure N°44 : Graphe des variations des valeurs de PH des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe on remarque que les valeurs de PH des eaux brutes et épurées respecté presque les normes de la STEP cela est due probablement à l'absence des zones industrielles.

Les valeurs de PH varient entre 8.56 et 8.18 pour les eaux brutes, entre 8.23 et 7.95 pour les eaux épurées, donc on constate que les eaux sont basiques.

APTITUDE A L'IRRIGATION

C- La demande biologique en oxygène (DBO5) :

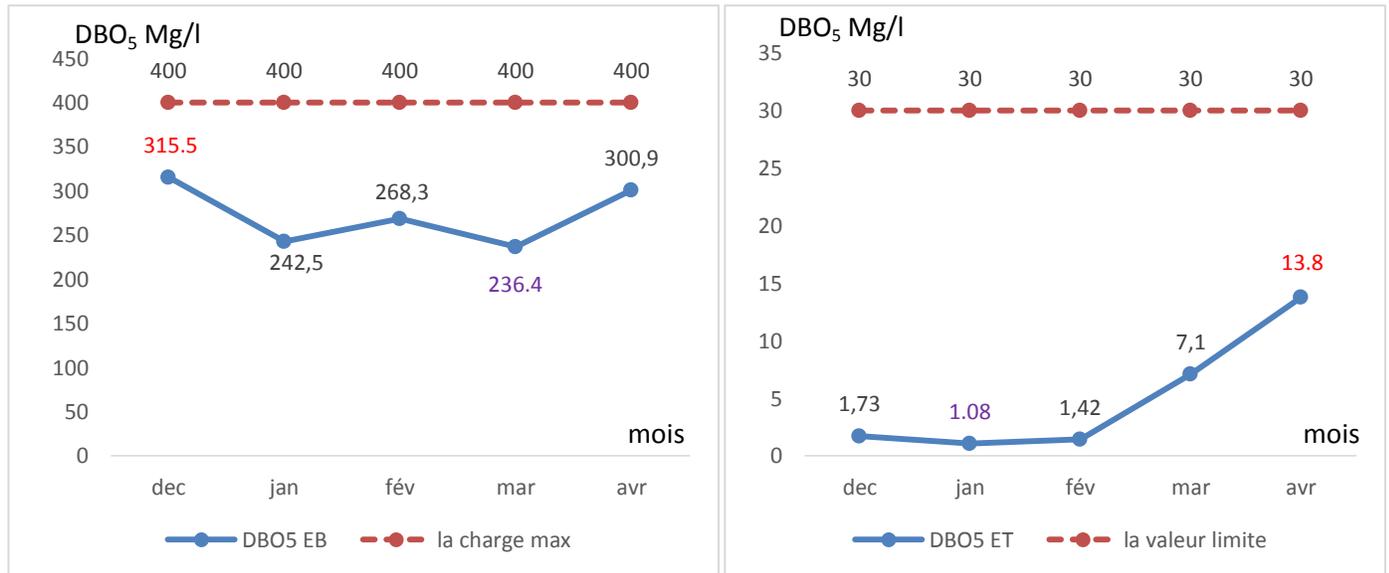


Figure N°45 : Graphe des variations des valeurs de DBO₅ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe, les valeurs de DBO₅ des effluents brutes varient entre 315.5 et 236.4 mg/l, la valeur maximale de DBO₅ est enregistrée au mois de décembre, et la valeur minimale de DBO₅ a été enregistrée au mois de mars.

Dans les eaux épurées les valeurs de DBO₅ varient entre 1.08 et 13.8 mg/l, la valeur maximale de DBO₅ a été enregistrée au mois d'avril à cause d'un dysfonctionnement des aérateurs d'oxygène dans la zone aérobie.

La valeur minimale de DBO₅ est enregistrée au mois de janvier grâce à la bonne consommation d'O₂ dissous par les micro-organismes pour la dégradation de la matière organique présente dans l'eau ce qui traduit un processus efficace.

Enfin ; les valeurs de DBO₅ des effluents brutes et des eaux épurées restent sur les normes de la STEP.

APTITUDE A L'IRRIGATION

d- La demande chimique en oxygène (DCO) :

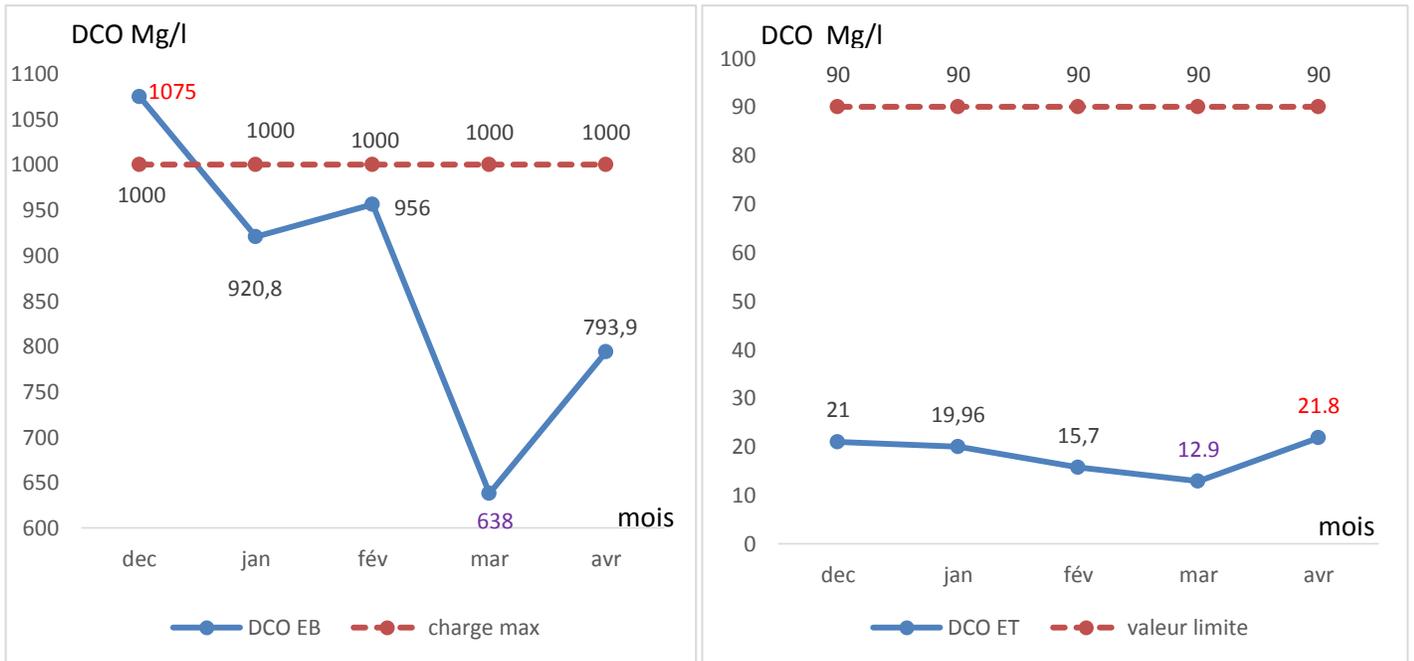


Figure N°46 : Graphe des variations des valeurs de DCO des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe, on remarque que les valeurs de la DCO des effluents brutes varient entre 1075 et 638 mg/l. la valeur maximale de DCO a été enregistrée au mois de décembre dépasse la valeur admissible de la STEP (1000 mg/l). Malgré sa cette charge la STEP admis l'effluent puisque il n'y a pas de grande différence.

La valeur minimale de DCO est enregistrée au mois de mars.

Par contre dans les eaux épurées tous les valeurs de DCO ne dépassent pas la valeur de la charge optimale de la STEP, à grâce de bon traitement biologique.

APTITUDE A L'IRRIGATION

e- L'Azote ammoniacal NH_3 :

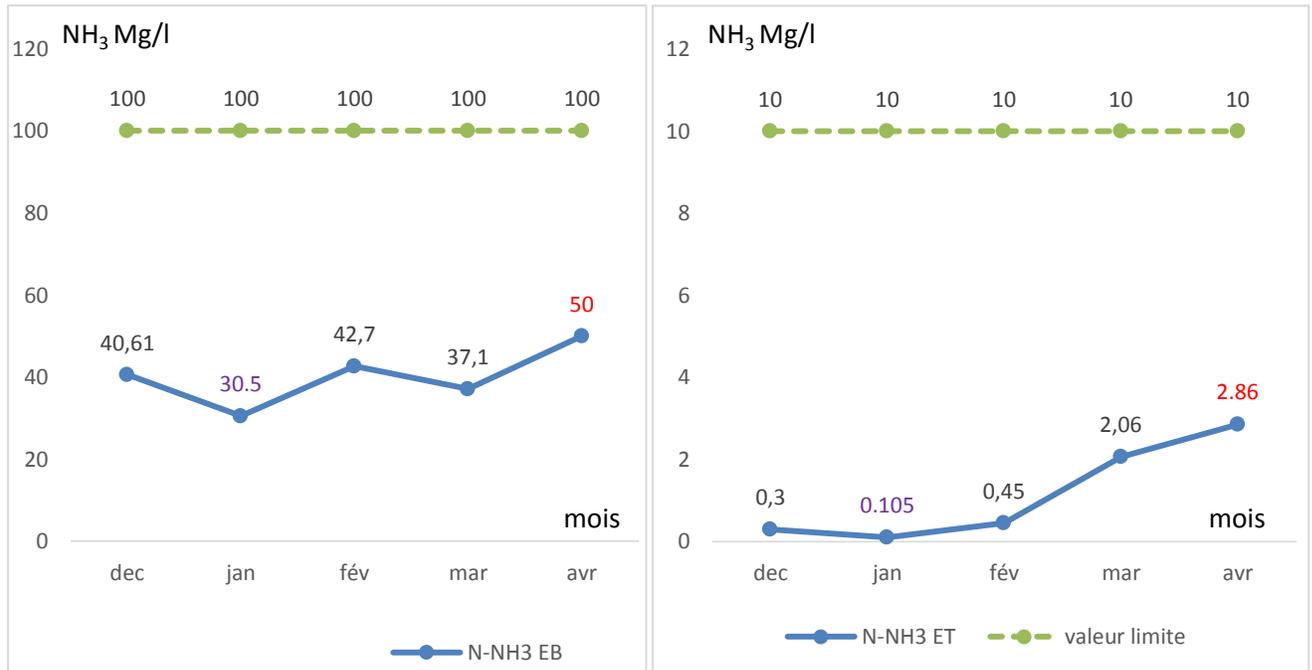


Figure N°47 : Graphe des variations des valeurs de NH_3 des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe on remarque que les valeurs de NH_3 des effluents brutes sont variées entre 50 et 30.5 mg/l.

La valeur maximale de NH_3 est enregistrée au mois d'avril.

Dans les eaux épurées on remarque que la valeur maximale de NH_3 est enregistrée au mois d'avril cause de faible oxydation (un manque de O_2 dans la zone aérée).

Enfin toutes les valeurs de NH_3 sont restées sur les normes de STEP.

APTITUDE A L'IRRIGATION

f- Les Nitrates NO_3 :

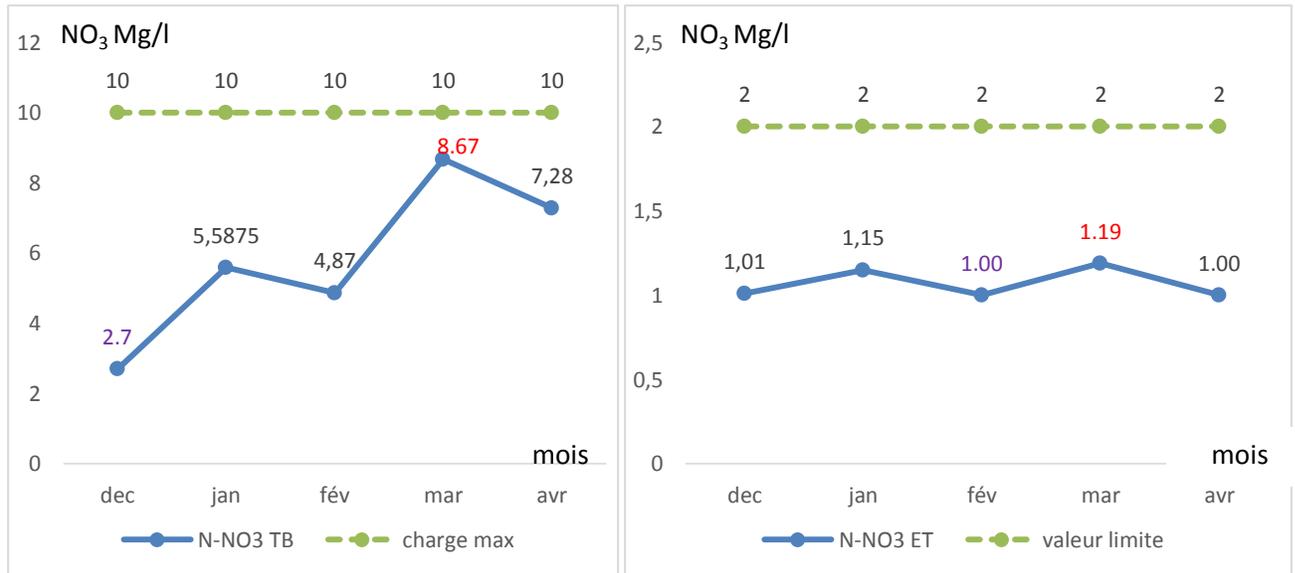


Figure N°48: Graphe des variations des valeurs de NO_3 des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe on remarque que les valeurs de NO_3 des effluents brutes varient entre 8.67 et 2.7 mg/l.

Durant le mois d'avril on a enregistré une forte charge de NO_3 due probablement à une décharge des produits chimiques qui contient une concentration important de NO_3 rejetée dans le réseau d'assainissement.

Ensuite ; les valeurs de NO_3 des eaux épurées sont uniforme, et tous les valeurs de NO_3 sont reste sur les normes de la STEP.

APTITUDE A L'IRRIGATION

g- Nitrites NO₂ :

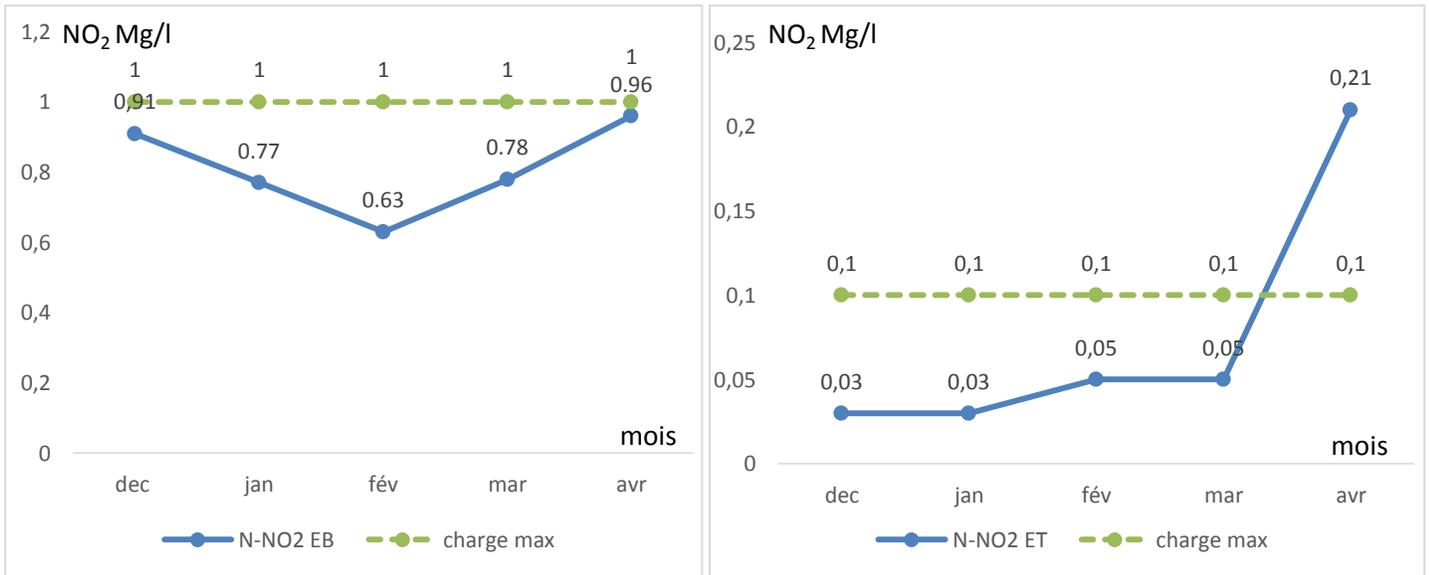


Figure n°49 : Graphe des variations des valeurs de NO₂ des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir de graphe on remarque que les valeurs de NO₂ des eaux brutes varient entre 0.96 et 0.63 mg/l.

Par contre ; les valeurs de NO₂ des eaux épurées varient entre 0.21 et 0.03 mg/l. la valeur maximale de NO₂ est 0.21 mg/l dépasse la valeur de la charge optimale de STEP à cause du manque d'O₂ pour la nitrification biologique.

APTITUDE A L'IRRIGATION

h- Le phosphore totale PO_4^{-3} :

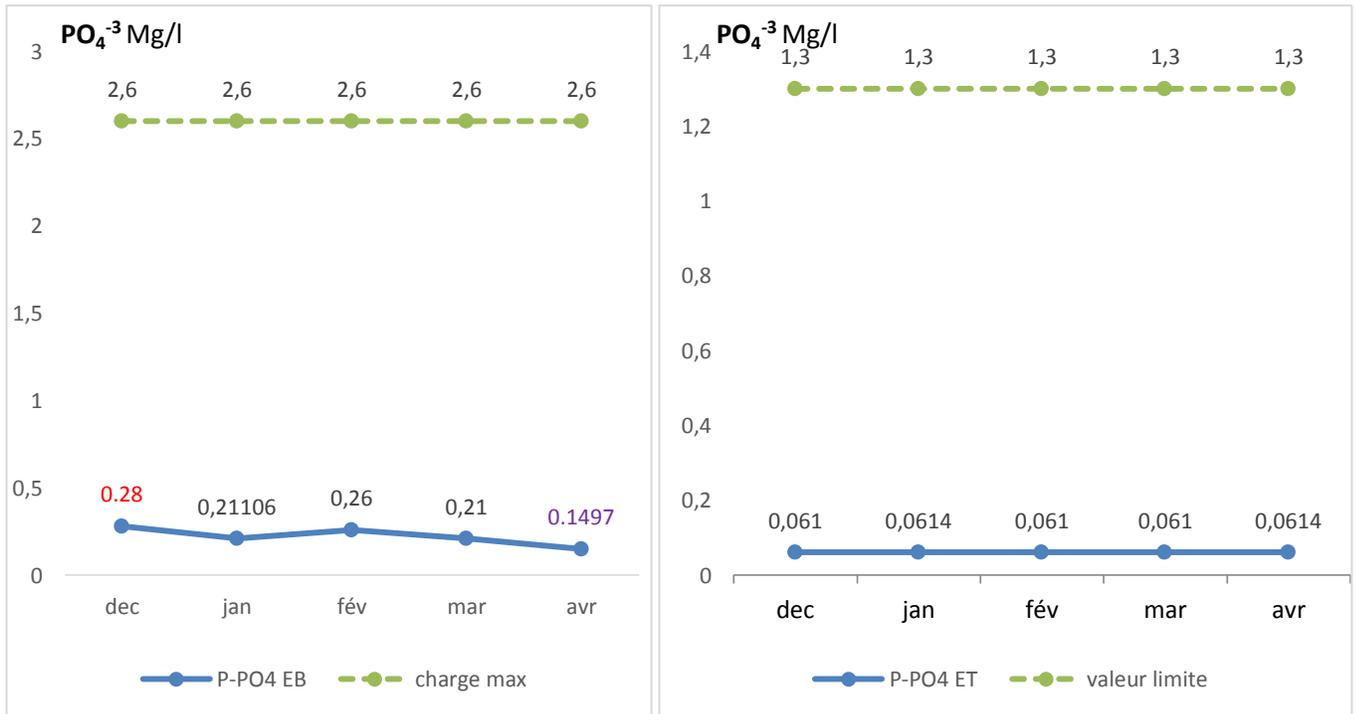


Figure N°50 : Graphe des variations des valeurs de PO_4^{-3} des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe on remarque que les valeurs de PO_4^{-3} des eaux brutes et épurées sont uniformes et ne dépassant pas les normes de STEP.

La charge de phosphore total est faible parce qu'il n'y a pas des engrais dans les réseaux d'assainissements puisque les eaux de lessivages ruisselées sur un bassin urbain, donc il n'y a pas de contact entre les engrais et les effluents brutes.

APTITUDE A L'IRRIGATION

i- La conductivité :

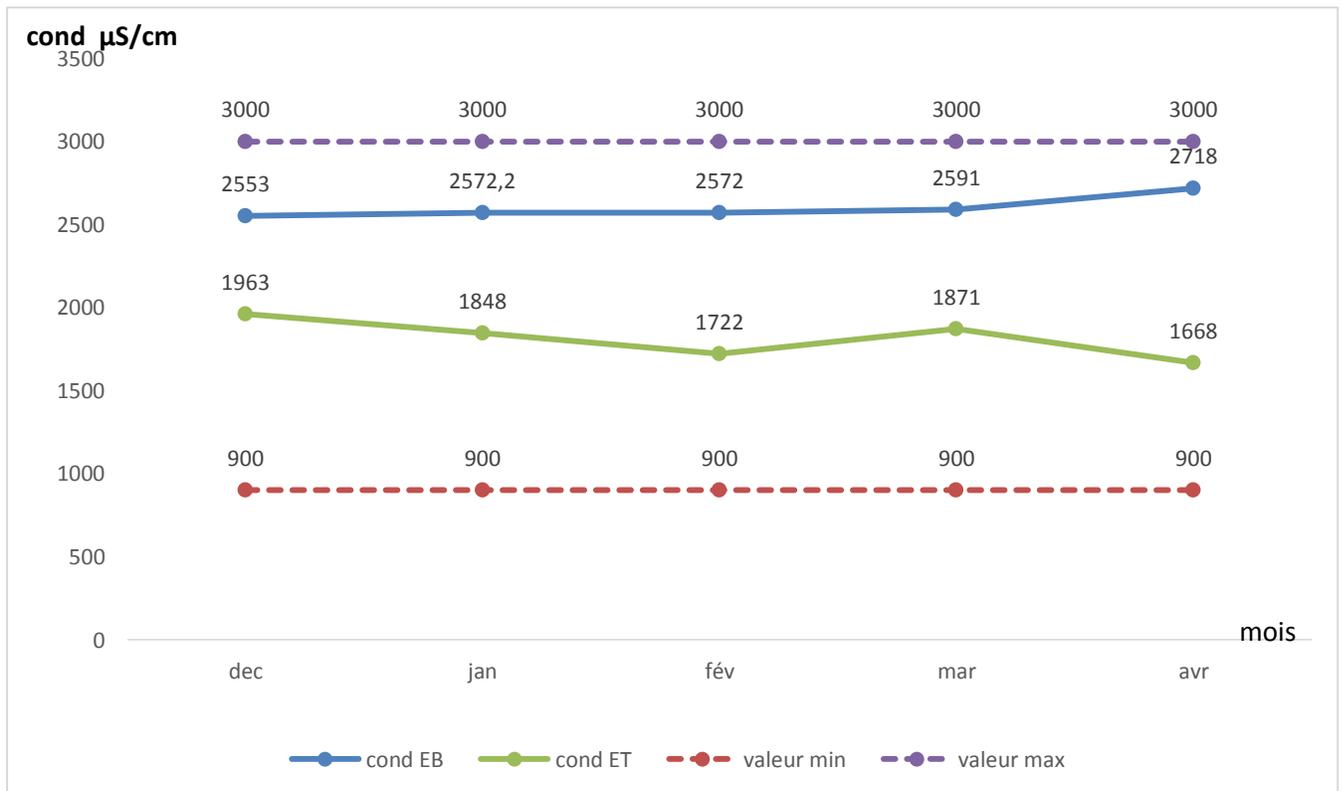


Figure N°51 : Graphe des variations des valeurs de La conductivité des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe la conductivité des eaux brutes varient entre 2553 à 2718 $\mu\text{S/cm}$. La valeur max de la conductivité est enregistrée au mois de avril ce qui indique une augmentation de la salinité à cause de effluent entrant dans la STEP.

APTITUDE A L'IRRIGATION

J- Débit :

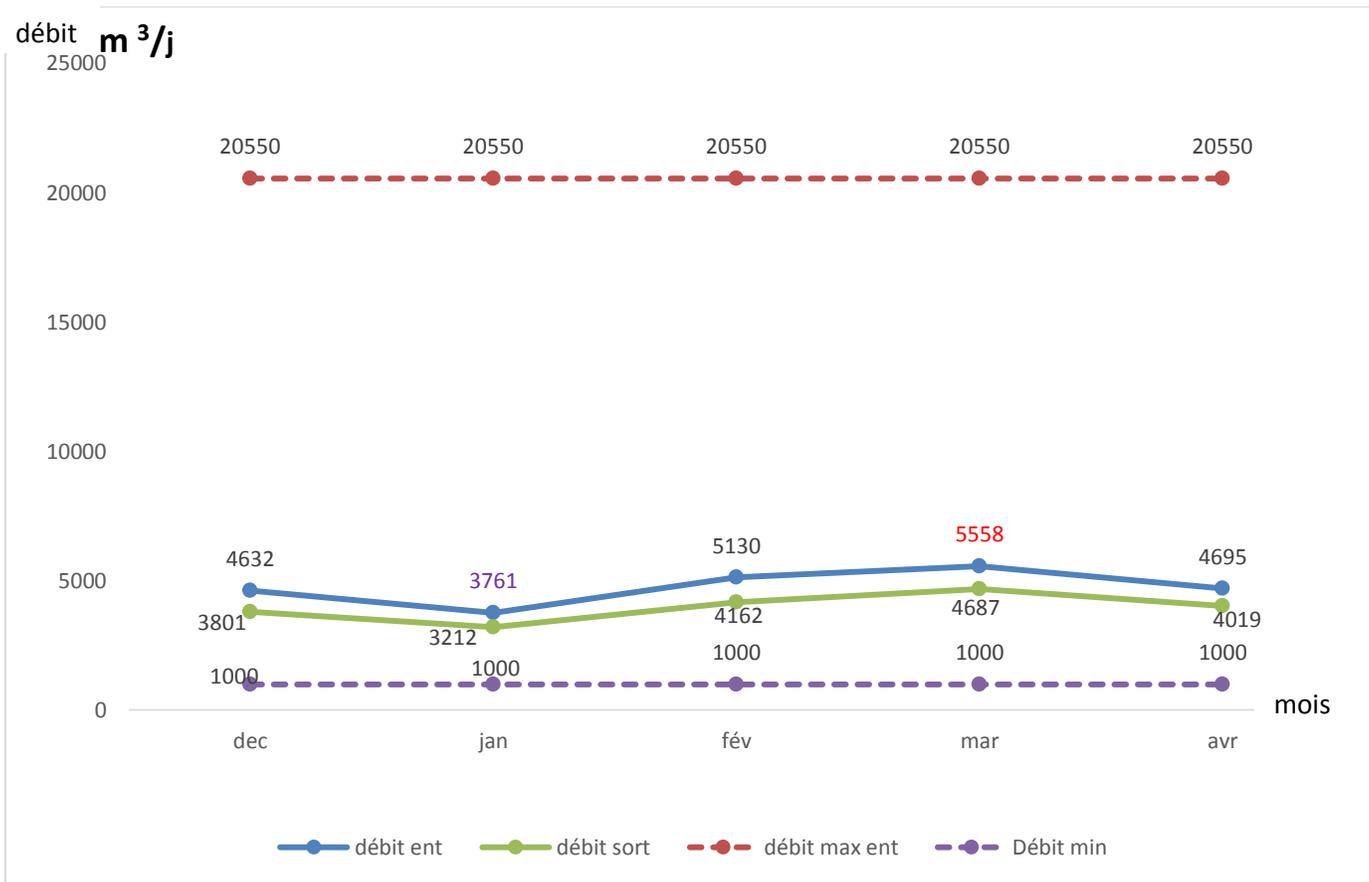


Figure N°52 : Graphe des variations des valeurs de Débit des eaux brutes et épurées de décembre 2015 à avril 2016

A partir du graphe les valeurs de débit varient entre 3761 à 5558 m³/j on remarque que le débit max est enregistré en mois de mars cela est dû à la chute de pluies importantes.

Le débit des eaux épurées est diminué car une partie des eaux brutes est perdue avec les boues.

IV-2-2 Evaluation du rendement de la STEP de la ville de Sidi Marouane :

$$\frac{MESent - MESsort}{MESent} * 100 = \frac{310.284 - 13.12}{310.284} * 100 = 95.77\%$$

$$\frac{DBO5ent - DBO5sort}{DBO5ent} * 100 = \frac{262.025 - 5.85}{262.025} * 100 = 97.76\%$$

$$\frac{DCOent - DCOsort}{DCOent} * 100 = \frac{827.025 - 17.59}{827.025} * 100 = 97.87\%$$

D'après ces résultats, le rendement épurateur de la DBO₅, la DCO et les MES tour nous alentour de 96.5% ce qui montre le bon rendement de la STEP et la classe parmi les meilleurs STEP en Algérie.

Ce rendement épurateur est un bon signe de dépollution d'où on pense que ces eaux sont aptes à l'utilisation dans les besoins de l'agriculture.

IV-3 Aptitude à l'irrigation :

Si on base sur les valeurs de rendement épuratrice de la charge polluante de la STEP de Sidi Merouane on peut déclarer que les eaux usées épurées sont aptes à l'irrigation. Néanmoins, un tel jugement doit être confirmé par une série de calculs des paramètres d'eaux pour usage agricole.

Ces paramètres sont le pourcentage de sodium (Na%) et la ration de l'Absorption de Sodium (S.A.R) et aussi la projection de nos analyses sur les diagrammes de Wilcox et Richard.

IV-3-1 Calcule des paramètres des eaux usées épurées pour l'usage agricole :

Le S.A.R et le pourcentage de sodium qui a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des eaux dans sols.

1- Le S.A.R :

Calculer comme ci-dessous et utiliser pour la projection sur le diagramme de Richard.

$$\text{Ratio d'adsorption du sodium (SAR)} = \frac{Na^{+2}}{\sqrt{(Ca^{+2} + Mg^{+2})/2}}$$

APTITUDE A L'IRRIGATION

2- le pourcentage de sodium %Na :

Le pourcentage en sodium est donné par la relation ci-dessous et utiliser pour la projection sur le diagramme de Wilcox :

$$\text{Le pourcentage de sodium Na\%} = \frac{Na+k}{(Ca^{+2}+Mg^{+2}+Na^{+2}+K^{+})} * 100$$

Le tableau ci-dessous représente les analyses de l'eau usées épurées de la STEP de Sidi Merouane qui l'on veut connaitre est ce qu'a une aptitude à l'irrigation ou non. Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire de l'Algérien des eaux Mila.

Tableau N°35 : Résultat des analyses eaux usées épurées de la STEP.

Enchantions	14/01/16	13/02/16	15/03/16	19/04/16
Tac (mg/l)	342.28	339.16	332.25	349.72
Hco ³⁻ (mg/l)	376.2	385	398.6	406.3
Cl ⁻ (mg/l)	143.2	132.45	128.4	140.6
So ₄ (mg/l)	239.2	242.76	225.36	232.44
No ₃ (mg/l)	7.5	3.4	5.8	2.29
Ca (mg/l)	145.16	135.6	141.12	154.71
Mg (mg/l)	38.28	40.12	35.57	39.85
Na (mg/l)	152.5	165.3	158.8	170
K ⁺ (mg/l)	7.6	5.4	6.2	2.3

Convers les Résultat des analyses par la formule suivant :

$$[\text{mg} / \text{L}] = [\text{mEq} / \text{L}] / \text{poids equivalent}$$

IV-3-2 Critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :

Il ya Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation :

- 1- SALINITÉ: Contenu total en sel soluble
- 2- SODIUM : Proportion relative des cations sodium (Na+) par rapport aux autre
- 3- PH : De l'eau d'irrigation
- 4- Risque des bicarbonates
- 5- Eléments toxique.

APTITUDE A L'IRRIGATION

Les deux premiers critères sont d'importance majeure car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau.

Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

1- SALINITÉ :

Parmi les différents caractères physico-chimiques d'une eau d'irrigation, la salinité constitue l'aspect le plus important, en créant des problèmes à l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

2- Sodium (Na^+) :

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques unes.

3- PH de l'eau d'irrigation :

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 6,5 et 8,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.

4- Les bicarbonates(HCO_3^-) :

L'abondance des ions bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau d'irrigation mérite aussi d'être évaluée.

APTITUDE A L'IRRIGATION

Dans le cas où l'eau d'irrigation contient un taux élevé de bicarbonates, on constate une tendance à la précipitation du calcium et du magnésium ce qui fait augmenter le SAR.

5- Les chlorures :

Lorsqu'ils sont présents dans l'eau d'irrigation, ces éléments contribuent à augmenter la concentration des sels solubles.

IV-3-3 Elément toxique chlorure Cl^- :

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.

Elles sont habituellement absorbées par les racines des plantes.

Lorsque l'absorption se fait par les feuilles le taux d'accumulation est plus grand. L'absorption directe se produit habituellement dans les systèmes d'irrigation par arrosage dans des conditions de faible humidité et de haute température.

Tableau N°36: Norme de toxicité de chlorures en meq/l selon l'OMS.

Niveau de toxicité de chlorure en meq/l	
Nul	<1
Faible à modéré	1-5
Sévère	>5

Tableau N°37 : le résultat des analyses des chlorures en meq/l.

Date	14/01/16	13/02/16	15/03/16	19/04/16
Cl- en meq/l	4.09	3.78	3.66	4.02

D'après les résultats des analyses du chlorure, on remarque que les valeurs de celle-ci sont variées entre (3.66 et 4.09 meq/l) avec une moyenne de (3.88 meq/l) ce qui concerne que le niveau de toxicité par les chlorures est **Faible à modéré**.

IV-3-4 risque des bicarbonates HCO_3^- :

Une forte teneur en carbonate (CO_3) et en bicarbonate (HCO_3^-) augmente la valeur du S.A.R (environ >3-4 meq/l).

Les ions carbonate et bicarbonate combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) ou carbonate de magnésium (MgCO_3) dans des conditions de sécheresse.

Lorsque la concentration de Ca et de Mg décroît, en comparaison la teneur sodium et l'indice SAR deviennent plus importants. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH.

APTITUDE A L'IRRIGATION

Par conséquent, lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé, ce peut être un signe d'une teneur élevée en ions carbonate et bicarbonate.

Tableau N°38 : Norme de toxicité de HCO_3^- en meq/l.

Niveau de toxicité de en HCO_3^- meq/l	
Nul	<1.5
Léger à modéré	1.5-7.5
Sévère	>7.5

Tableau N°39 : le résultat des analyses de HCO_3^- en meq/l.

Date	14/01/16	13/02/16	15/03/16	19/04/16
HCO_3^- en meq/l	6.16	6.31	6.53	6.66

D'après ces résultats, on note que tous les teneurs de bicarbonates sont compris entre 6.16 et 6.66 meq/l avec une moyenne de 6.41 meq/l constitue un risque **léger modéré**.

IV-3-5 Les classe de S.A.R :

Selon (Clément & Galland, 1979), quatre classes de risque alcalin ont été définies en relation avec le risque salin :

Tableau N°40 : les classes de risque alcalin.

S1 : Risque faible.	S.A.R \leq 10
S2 : Risque moyen.	10 \leq S.A.R \leq 18
S3 : Risque élevé.	18 \leq S.A.R \leq 26
S4 : Risque très élevé	S.A.R > 26

Classe S1 : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

Classe S2 : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevé. Par contre, l'eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité.

Classe S3 : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L'utilisation d'amendements tels que le gypse pourraient être nécessaires pour échanger les ions sodium.

Classe S4 : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

APTITUDE A L'IRRIGATION

Les calculs de S.A.R et le pourcentage de sodium donnent les résultats suivants :

Tableau N°41 : les résultats de S.A.R et le pourcentage de Na⁺ des eaux épurées.

Date	14/01/16	13/02/16	15/03/16	19/04/16
Ca ⁺⁺ (meq/l)	7.25	6.78	7.05	7.73
Mg ⁺⁺ (meq/l)	3.19	3.34	2.96	3.32
Na ⁺ (meq/l)	6.63	7.18	6.90	7.39
K ⁺ (meq/l)	0.19	0.13	0.15	0.05
S.A.R	2.9	3.19	3.08	3.14
% Na ⁺	39.51	41.93	41.32	40.23

IV-3-6 classification des eaux usées épurées par la méthode de Wilcox (1948) et Richards (1954) :

La méthode de Wilcox et Richards c'est une méthode qui classe les eaux selon leurs qualités dans des diagrammes

Tableau N°42: Les différentes classes de classification et leurs interprétations.

Classes	Interprétation
C1-S1	Bonne qualité pour l'irrigation. Précaution avec les plantes sensibles.
C1-S2, C2-S1	Qualité moyenne à bonne, A utilisé avec précaution dans les sols mal drainé et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).
C2-S2, C1-S3, C3-S1	Qualité moyenne à médiocre. A utilisé avec précaution. Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1	Qualité médiocre à mauvaise. Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisation avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C2-S4, C4-S2, C2-S2	Qualité mauvaise. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables

APTITUDE A L'IRRIGATION

C3-S4, C4-S3	Qualité très mauvaise. A n'utilisé que dans des circonstances exceptionnelles.
C4-S4	Déconseillé pour l'irrigation.

a-Diagramme de wilcox

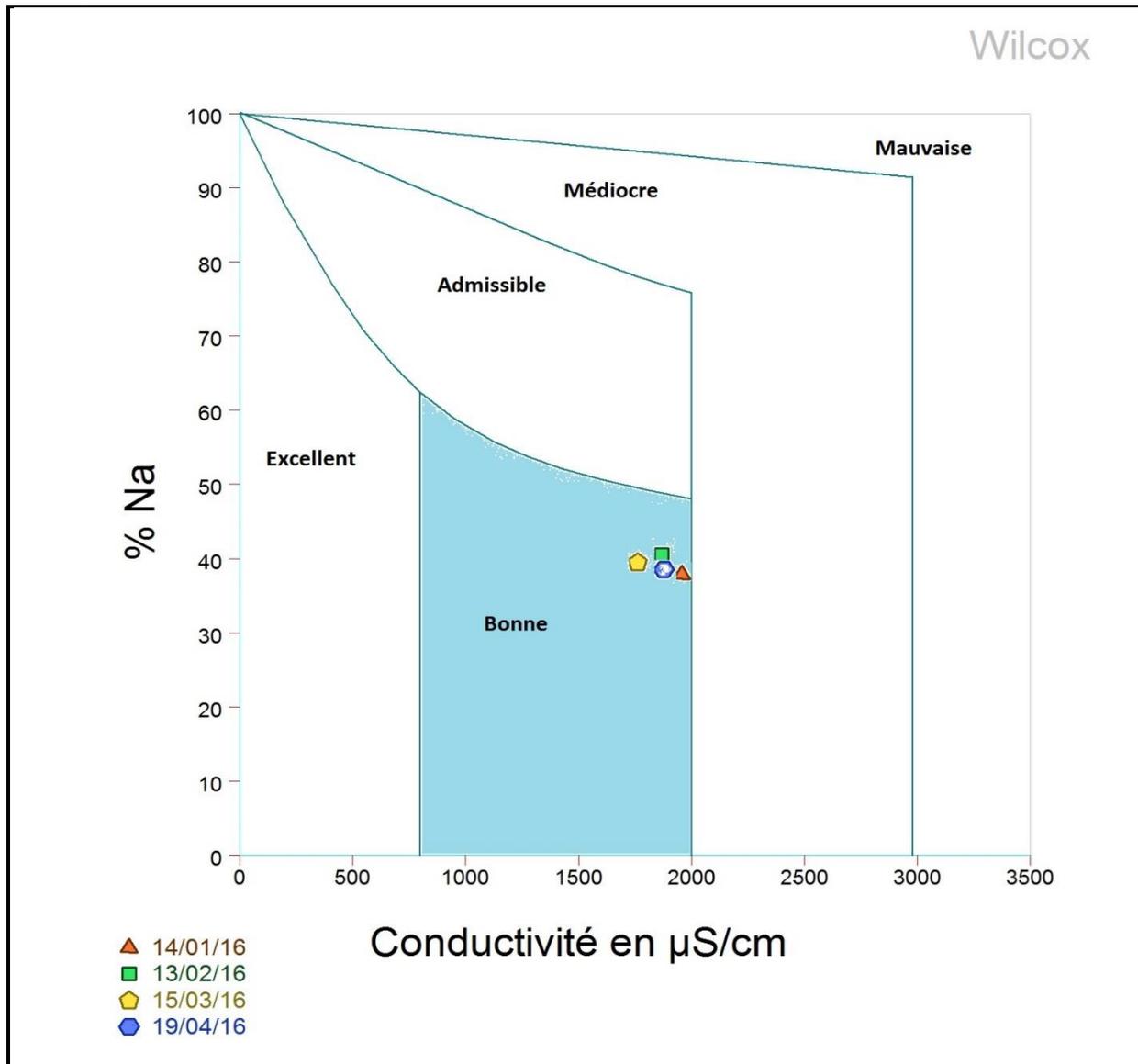


Figure N°53 : représentation graphique des eaux usées épurées dans le diagramme de wilcox (les mois de janvier, février, mars, et avril 2016).

Interprétation :

D'après le diagramme de Wilcox, les eaux épurées de la STEP de Sidi Merouane appartiennent à la classe bonne pour l'irrigation de salinité inférieure à 2000($\mu\text{S/cm}$).

APTITUDE A L'IRRIGATION

b- diagramme de Richard

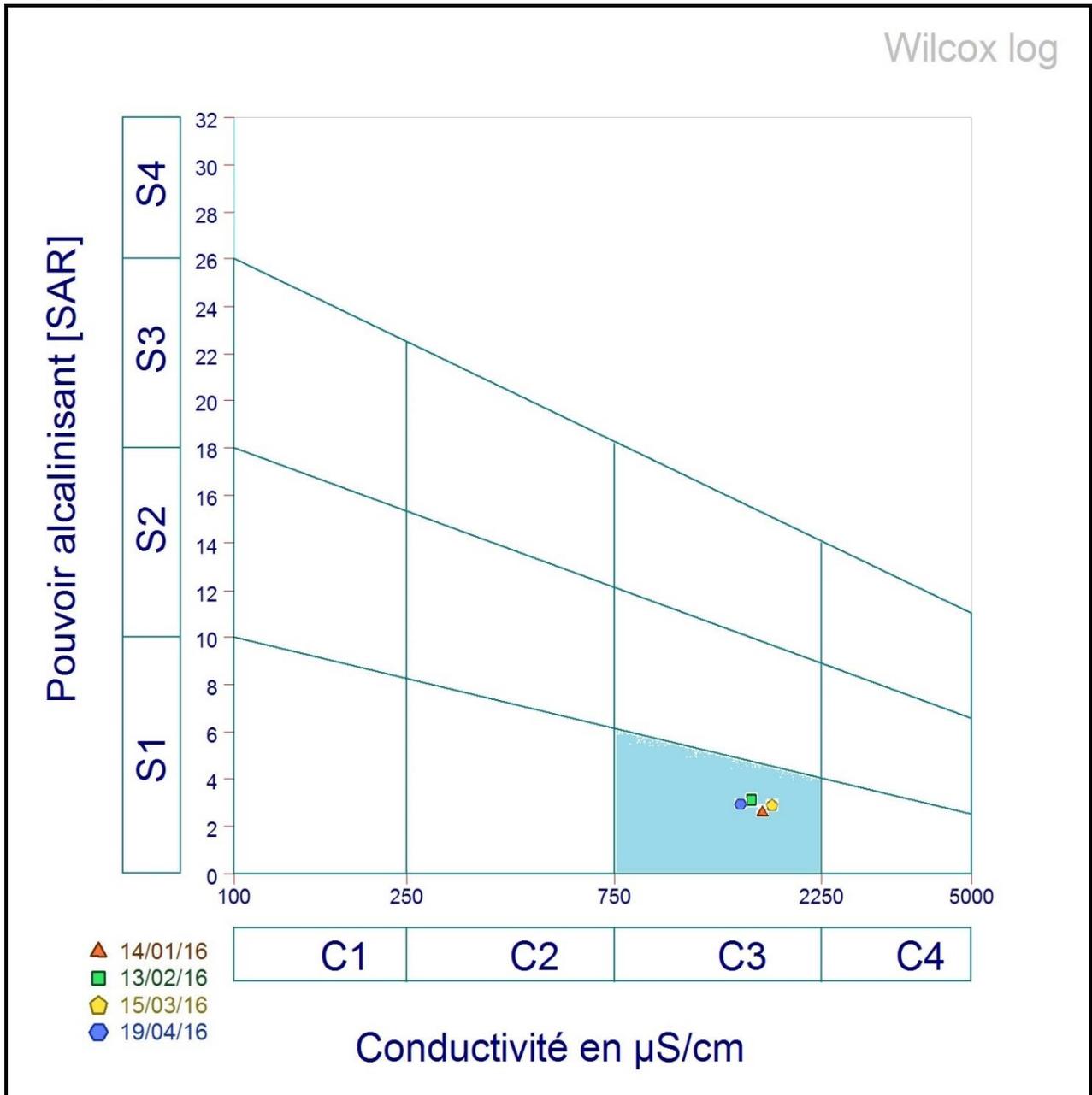


Figure N°54 : représentation graphique des eaux usées épurées dans le diagramme de richard (les mois de janvier, février, mars, et avril 2016).

Interprétation

D'après le diagramme de Richard, les eaux épurées de la STEP de Sidi Merouane pour les quatre mois appartiennent à la même classe pendant la période d'observation, de qualité moyenne à médiocre; **(C3-S1)**.

IV-3-7 le mode de réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers des projets utilisons des eaux usées, mais dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état épurées ou après un traitement minimal surtout dans le secteur agricole.

En Algérie, le ministère des ressources en eau posée arrêté interministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Tableau N°43 : les cultures irriguées par les eaux épurées.

Groupes de cultures pouvant être irriguées par des eaux usées épurées.	Liste des Cultures.
Les arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Les agrumes.	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine lime, clémentine
Les cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce, et luzerne.
Culture industriel	Tomate industrielle haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, le tabac, le lin.
Les cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine,
Les cultures de production de semences	Pomme de terre, haricote et petit pois.
Les arbustes fourragers	L'acacia et l'triplex.
Les plantes florales à sécher ou à usage industriel.	Le rosier, l'iris, le Jasmine, la marjolaine et le romarin

(1)- l'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation ou moins deux semaines avant la récolte les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2)- Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les usées épurées est strictement interdit et ce, afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

APTITUDE A L'IRRIGATION

IV-3-8 Choisir des cultures tolérantes à la salinité de l'eau usée :

Le tableau 41 peut aider les agriculteurs à choisir le système de culture le plus approprié en fonction de la salinité de l'eau usée et de la tolérance des cultures en sels. Avec une salinité inférieure à 3 dS/m (1920 µs/cm) et une bonne gestion, la plupart des fruits et des légumes peuvent être produits. Lorsque la salinité augmente, le choix des cultures devient difficile et, excepté certains légumes, le choix est la plupart du temps limité aux fourrages verts.

Tableau N° 44 : Tolérance à la salinité de quelques plantes cultivées
(Adapté de FAO, 1985)

Conductivité électrique de l'eau d'irrigation (dS/m, et mg/l)*					
<2 <1280	2-3 1280-1920	3-4 1920-2560	4-5 2560-3200	5-7 3200-4480	>7 >4480
Citrus	Figues	Sorgho	Soja	Carthame	Coton
Pommes	Olives**	Arachide	Palmier dattier***	Blé	Orge
Pêche	Brocoli	Riz	Phalaris aquatique	Betterave sucrière	Agropyre
Raisins	Tomates	Betteraves	Trèfle	Rye Grass	
Fraise	Concombre	Fétuque	Artichauts	Orge des rats	
Pommes de terre	Cantaloup			Chiendent pied de poule	
Poivrons	Pastèques			Sudax (sorgho hybride)	
Carottes	Epinards				
Oignons	Vesce commune				
Haricot	Sorgho du Soudan				
Maïs	Luzerne				

D'après le tableau ce qui laisse l'eau épurée de la STEP de sidi marouane apte à être utilisée pour irriguer quelques plantes cultivées comme (Figue, Olives, Brocoli, Tomates, Concombre, Cantaloup, Pastèque, Epinards, Vesce commune, Sorgho du sudan, Luzerne)

APTITUDE A L'IRRIGATION

IV-3-9 Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à fins d'irrigation :

IV-3-9-1 paramètres microbiologique :

Tableau N°45 : les paramètres microbiologiques des eaux usées épurées utilisé pour l'irrigation fixés par le ministère des ressources en eau an Algérie.

Groupes de cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (Moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux Œufs/t)(Moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive culture de produit pouvant être consommés crus	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destiné à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0.1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornemental (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Les Cultures du groupes précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

(1)-l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2)- le pâturage direct est interdit et il recommandé cesser l'irrigation ou 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 coliforme fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le publique peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtel.

APTITUDE A L'IRRIGATION

- (5)- Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.
- (6)- A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maitrise la gestion de l'irrigation localisée et respect les règles d'hygiène exigée. Aucunes populations alentour.

a-résultat de l'analyse microbiologique :

Cette analyse colémitrique a été effectuée au niveau du laboratoire de policlinique Bouaroudj commune de Mila le résultat obtenu :

F = NPP+900 de coliforme Fécaux / 100 ml.

b- Interprétation :

D'après le résultat de 900 CF/100 ml, notre eau épurée est biologiquement est recommandée que pour seul les cultures céréalières arbres fruitiers et forestiers, culture et arbustes fourragers, plantes florales et ornementale avec technique d'irrigation localisée.

IV-4 Conclusion :

Selon les résultats que nous avons obtenus durant notre stage au niveau de la STEP de Sidi Merouane, nous sommes arrivés à une conclusion très importante et prometteuse.

D'après les résultats, les eaux épurées de la station sont globalement aptes à l'utilisation dans le domaine agricole, cette aptitude est confirmée par le rendement épurateur de la STEP signifié par des valeurs très minimums de DBO5, DCO, et MES, et un PH acceptable.

Aussi le calcul de ration d'absorption sodium (S.A.R) et le pourcentage de sodium (%Na) et après leurs projections sur les diagrammes de Wilcox et Richards confirmés ce que nous avons avancé ci-haut. De même le risque par les bicarbonates et les chlorures est faible à modérer.

Le choix du domaine de réutilisation dépend essentiellement de la qualité des eaux épurées, types de culture et des systèmes d'irrigation édaphiques de sols.

Globalement, pour la région de Sidi Merouane, les eaux de la station d'épuration peuvent être utilisées pour la culture d'arbres fruitiers et forestiers, culture fourragère, céréalière et plantes florales.



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERAL

Conclusion générale :

La situation actuelle en Algérie se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources en eau disponibles et la disponibilité en eau d'irrigation est en décroissement inquiétante.

Les ressources en eau sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eau urbaine et industrielle dans les milieux récepteurs.

Les eaux usées de la ville de Mila et sidi Merouane et Grarem Gouga sont essentiellement d'origine domestique, elles sont traitées par la STEP de sidi Merouane qui réduit les charges polluantes par boue activée à faible charge. Une fois traité, ces eaux acheminées vers la cuvette Beni Haroune.

L'objectif de cette étude a constitué de suivre la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux usées brute et épurées de la STEP de sidi Merouane a fins de d'exploiter ces eaux en irrigation.

Nous avons obtenus durant notre stage au niveau de la STEP de sidi merouane les résultats suivants :

Le rendement épurateur de la STEP et signifiant avec abattement de la **DBO₅=97.76%**, **DCO=97.87%** et **MES=95.77%** avec une moyenne de alentour de 96.5% ce qui montre le bon rendement de la STEP et la classe parmi les meilleurs STEP en Algérie.

Les valeurs des paramètres physico-chimiques varient selon l'influence de chaque paramètre : le PH des eaux usées brutes et épurées sont pratiquement basique (entre 7.95 à 8.23 dans les eaux épurées et entre 8.18 à 8.56 dans les eaux brutes).

Les valeurs des nitrates enregistrées dans les eaux brutes sont importants mais restant toujours admissibles (8.67 à 2.7 mg/l) et on enregistre une diminution après l'épuration (de 1 à 1.19 mg/l) grâce à la bonne dénitrification au niveau de bassin biologique.

Les valeurs des Nitrite généralement sont admissibles en amont et à l'aval.

Les valeurs de l'azote ammoniacal NH₄ diminuent après l'épuration du (30.5 à 50 mg/l) à (0.3 à 2.86) grâce à la bonne nitrification dans le bassin biologique.

Les valeurs de phosphore sont faibles dans les eaux brutes (0.1497 à 0.28 mg/l) et on enregistre une diminution après l'épuration d'une façon uniforme (0.61 mg/l) grâce au rôle de la boue active qui arrive a consomme presque totalement le PO₄ (bonne déphosphoration a l'aide chlorure ferrique FeCl₃).

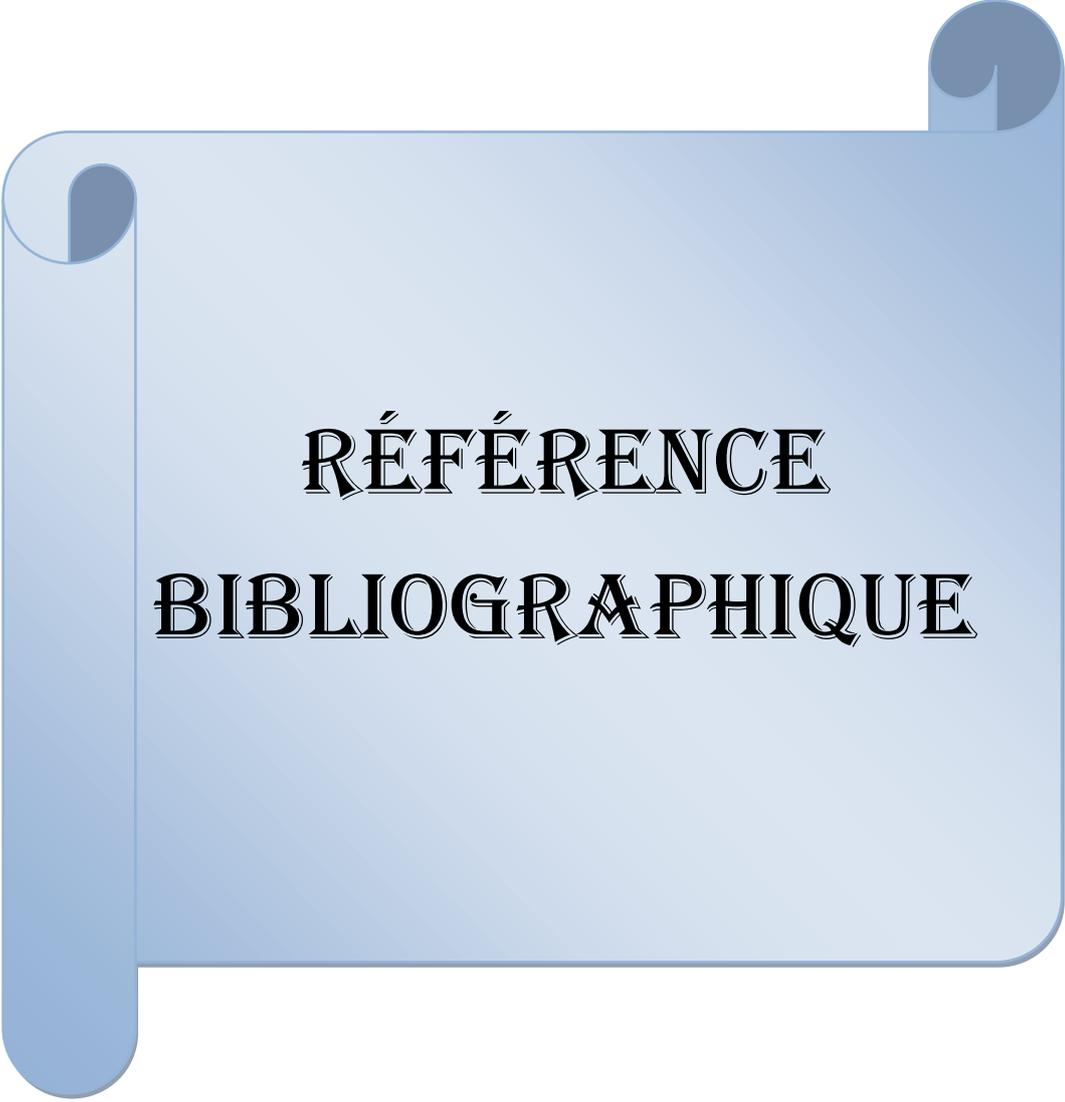
CONCLUSION GENERAL

L'augmentation de la conductivité dans les eaux brutes et épurées indique l'augmentation de la salinité probablement à cause du lessivage des sels des villes de Mila et Grarem Gouga par les eaux de ruissellement.

En ce qui concerne l'aptitude à l'irrigation on remarque que les eaux épurées de la STEP de sidi merouane sont généralement aptes à être utilisées dans le domaine agricole. Les résultats de S.A.R et la projection sur le diagramme de Wilcox et Richards confirment cette hypothèse. De même le risque de bicarbonate et chlorure est faible à modéré.

Par contre, l'analyse microbiologique démontre que notre eau renferme environ 900 coliformes fécaux par 100 ml ce qui laisse à penser que ces eaux épurées sont aptes à être utilisées dans l'irrigation des cultures céréalières, arbres, fruitiers et forestiers, culture et arbustes fourragers, plantes florales et ornementales avec technique d'irrigation localisée.

Globalement et d'après les résultats que nous avons obtenus durant la période de notre stage, les eaux épurées de la STEP de sidi merouane sont aptes à l'irrigation mais avec restriction.



**RÉFÉRENCE
BIBLIOGRAPHIQUE**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Jean- Louis**, Audit environnemental et social des eaux de sources consommées , KOYAGIALO TE GERENGBO, Université de Kinshasa RDC - Licence en sciences, 2011
- [3] **(FAO, 2007)**, Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p15
- [4] **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 60_année 2005.**
- [5] **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35 ;2007**
- [6] dictionnaire larousse.2004
- [7] **Rodier J.L.** L'analyses de l'eau :eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition.Dunod, Paris (2005).
- [8] **Duguet J-P;Bernaseau F;Cleret D;Gaid A ;Laplanche A;Moles J; Montiel A; RIOU G;Simon P**, (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine.1^{ère} Edition . ASTEE (Association scientifique et technique pour l'environnement).
- [9] **Rodier J.L.** L'analyses de l'eau :eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition.Dunod, Paris (2005).
- [10] **Martin G.** (1979)., Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris,279p.
- [11] **Asano T.** (1998)., Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p.
- [12] . **REGSEK F., 2002** - analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Edition scréré CRDPA quitaine; Bordeaux.
- [13] **POTLON J.L., et ZYSMAN K., 1998** – le guide des analyses de l'eau potable ;ED,SEPT,France ,P 79-213.
- [14] **A. MIZI.** 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.

- [15] **F. GALAF et S. GHANNAM**. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC. 2003.
- [16] Traité l'environnement. Technique de l'ingénieur. Volume G1210.
- [17] Pollution des eaux. Dosage des nitrites. (Internet)
- [18] **Brigitte DONNIER**. La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C. E. R. B. O. M. Nice. France.
- [19] **Jean RODIER et all**. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS. 1996
- [20] **N. RAMDAN**. Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de SKIKDA par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. Mémoire de magister. Université du 20 Août 1955. SKIKDA. 2006.
- [21] **Alain BOTTA**. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS. Avril 2001.
- [22] **Nadia Chalal** « Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect » soutenu le 16/12/2007 Université Mentouri- Constantine
- [23] **Haoua Amadou** « Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station dépuratoin Urbains » Thèse de doctorat Université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline: Sciences pour l'ingénieur Soutenue 04/05 /2007.
- [24] **Mr. Yousfi Mustapha** « Etude d'un séchoir solaire de boue » soutenu le 24/10/2011 Université abu bakr balkaid-Tlemcen.
- [25] **Léonard, A.**, Etude du séchage convectif de boues de station d'épuration suivi de la texture par micro tomographie à rayons x, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Appliquées Université de Liège (2002).
- [26] **FABY J.A. & Brissaud F** ;(1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.office international de l'eau.76

[27] Legrand, V., Etude du gonflement et de la floculation de gels de poly-électrolytes : application à la déshydratation des boues de stations d'épuration. PHD thèses, Université Paris VI, (1997).

[28] Bongiovanni, J.-M., Traitement des boues résiduelles par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour (1998).

[29] Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique .Gouvernement du Québec, 2002.

[30] JOEL MICHELIN : la qualité de l'eau et assainissement en France, la dénitrification naturelle (Institut agronomique de Paris –Grignon).

[31] l'archive de la STEP de sidi merouane.

Les sites web:

[2] http://www.mre.dz/index_fr.php?action=formunik&type=sous_menu&idformunik=6