



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique Université Echahid Hamma

Lakhdar – El Oued



Faculté de technologie

Département d'hydraulique Et Génie Civil

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme master en hydraulique
Option : Conception et Diagnostic des systèmes A.E.P et d'assainissement

THEME :

***SUIVI DES PERFORMANCES DE FONCTIONNEMENT
D'UNE STATION D'EPURATION (CAS STEP 02)***

Dirigé par :

Mr : GHEDEIR AMAR Hacem

Présenté par :

BELAID Zineb

AOUADI Halima



Promotion : Juin 2018

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah de nous avoir donné le courage et la sagesse pour pouvoir mener à terme ce modeste travail.

Nous adressons notre vif remerciement à notre encadreur Mr. Ghedeir Amar Hacem pour ses compréhensions et ses conseils et ses aides. Pour sa gentillesse et ses orientations efficaces.

Un merci très spécial à Dr. OUAKOUAK Abdelkader et Mr ZAIZE Issam pour son aide, ses explications, ses remarques, et ses encouragements.

Aux membres de jury qui ont dieu voulu examiné ce travail et de participer à son évaluation.

Nous voudrions remercier aussi l'ensemble des personnes de la station HASSANI ABDELKERIM spécialement Melle Laïla et Mr Houré Youssef.

Enfin je voudrais remercier ma famille, mes amis, et tous qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de cette thèse, par leur conseil ou simplement par leur présence.

Résumé

La ville d'El Oued est exposée à la contrainte de rareté de l'eau par sa situation en milieu désertique à climat aride. Ceci pousse les autorités à penser au traitement des eaux usées, et ce pour son avantage de protection des ressources hydriques souterraines (seul apport hydrique de la région).

La présente étude a pour déterminer le fonctionnement de la station de traitement des eaux usées (station de HASSNI ABDELKRIM) de type lagunage aéré, avec le but de vérifier son efficacité de traitement sur trois ans, et de s'assurer ainsi de la possibilité de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture. Cette étude a montré un abattement moyen de l'ordre de 92% pour la DBO_5 , 90% pour les MES et 87% pour la DCO.

La qualité des eaux épurées est presque conforme aux normes algériennes de rejet des eaux usées (pour la majorité des paramètres). On peut conclure que ce système peut être utilisé comme une solution écologique et économique pour l'épuration des eaux usées dans la région d'EL- OUED.

Mots clés : Traitement des eaux usées, fonctionnement , réutilisation, lagunage aéré, la région d'El Oued.

ملخص

تتعرض مدينة الوادي لمشكل ندرة المياه بسبب موقعها في بيئة صحراوية ذات مناخ جاف. مما دفع السلطات للتفكير في معالجة مياه الصرف الصحي ، وهذا لميزتها في حماية موارد المياه الجوفية (المصدر الوحيد للمياه في المنطقة). الغرض من هذه الدراسة هو متابعة تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي (محطة حساني عبد الكريم) ذات نظام أحواض التهوية، بهدف التحقق من كفاءة معالجتها على مدى ثلاث سنوات ، وبالتالي ضمان إمكانية إعادة استخدام المياه المستعملة المعالجة في الزراعة. أظهرت هذه الدراسة انخفاضاً في المتوسط بحوالي 92 % لـ DBO_5 ، 90 % لـ MES و 87 % لـ DCO.

من أجل تحسين جودة التدفق النهائي ، أجريت اختبارات على التدفق النهائي للمحطة. تتوافق جودة المياه المعالجة تقريباً مع المعايير الجزائرية لتصريف مياه الصرف (لمعظم العوامل). ويمكن استنتاج أن هذا النظام يمكن استخدامه كحل إيكولوجي واقتصادي لمعالجة المياه المستعملة في منطقة الوادي. الكلمات المفتاحية: معالجة المياه المستعملة، فعالية، إعادة استخدام ،أحواض التهوية، منطقة الوادي.

Abstract

The city of El Oued is exposed to the constraint of water scarcity by its situation in a desert environment with arid climate. This pushes the authorities to think about the treatment of wastewater, and this for its advantage of protecting the underground water resources (only water supply of the region).

The purpose of this study is to determine the operation of the wastewater treatment plant (HASSANI ABDELKRIM station) of aerated lagoon type, with the aim of verifying its treatment efficiency over three years, and thus to ensure the possibility of reuse of treated wastewater in agriculture. This study showed an average reduction of about 92% for DBO₅ for MES and 87% for DCO.

In order to improve the quality of the final effluent, tests were carried out on the final effluent of the station.

The quality of treated water is almost in line with Algerian wastewater discharge standards (for most parameters). It can be concluded that this system can be used as an ecological and economical solution for wastewater treatment in the EL- OUED region.

Key words: Wastewater treatment, operation, reuse, aerated lagoons, the El-Oued region.

Liste d'abréviations

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : demande biochimique en oxygène (mg/l).

pH : Potentiel hydrogène.

MES : Matière en suspension (mg/l).

MVS : Matière volatiles en suspension (mg/l).

MO : Matière organique (mg/l).

STEP : Station d'épuration.

ONA : Office national de l'assainissement.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations .

OMS: Organisation Mondiale de la santé.

Q max: Débit maximal.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

EE: Eau épurée.

EB: Eau brute.

Liste des Figures

Figure II.1. exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre.....	19
Figure II.2. Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac.....	20
Figure II.3. Rivière en eutrophie	21
Figure III.1. Grille manuelle	27
Figure III.2. Schémas d'un décanteur primaire	30
Figure.III.3. Schémas du traitement biologique par lit bactérien.....	31
Figure.III.4. Schémas du traitement biologique par disques biologiques.....	33
Figure.III.5. Schémas du traitement biologique par boues activées.....	34
Figure III.6. Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux	36
Figure III.7. Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur Sable..	37
Figure III.8. Schéma du traitement biologique par Lagunage naturel.....	38
Figure III.9. Schéma général de lagunage.....	43
Figure III.10. Schéma de lagunage facultative.....	44
Figure III.11. Schéma de lagunes microphytes.....	45
Figure III.12. Schéma de lagunes macrophytes.....	45
Figure III.13. Schéma de lagunes composites (mixte).....	45
Figure VI.1. Courbe de la variation mensuelle de la température moyenne (2016).....	76
Figure VI.2. Courbe Variation mensuelle de pH (année 2016).....	76
Figure VI.3. Courbe de la variation mensuelle de l'oxygène dissous (année 2016).....	78
Figure VI.4. Courbe de la variation mensuelle de la DCO (année 2016).....	79
Figure VI.5. Courbe de la variation mensuelle de la DBO ₅ (année 2016).....	80
Figure.VI.6. Courbe de la variation mensuelle de la MES (année 2016).....	81
Figure.VI.7. Courbe de la variation mensuelle de rapport DCO/DBO ₅ (année 2016).....	83
Figure.VI.8. Variation mensuelle de la Conductivité (2016).....	84
Figure.VI.9. Variation saisonnière de la DBO ₅ (2015-2017).....	85
Figure.VI.10. Variation saisonnière de la DCO (2015-2017).....	86
Figure VI.11. Variation saisonnière de MES (2015-2017).....	87
Figure VI.12. Variation annuelle de la DBO ₅ (2015-2017).....	87
Figure VI.13. Variation annuelle de la DCO (2015-2017).....	88

Figure VI.14.	Variation annuelle de la MES (2015-2017).....	89
----------------------	--	-----------

Liste des photos

Photo IV.1. Schéma directeur du réseau d'assainissement en Souf	49
Photo IV.2. Image générale de la station d'épuration (HASSANI ABDELKRIM).	58
Photo IV.3. Dégrillage (station Hassani Abdelkrim).....	59
Photo IV.4. Dessableur (station Hassani Abdelkrim).....	60
Photo IV.5. Lagune aérée (station Hassani Abdelkrim).....	61
Photo IV.6. Lits de séchage des boues (station Hassani Abdelkrim).....	62
Photo V.1. pH mètre (Sensi ON 1) -(ONA.2018).....	71
Photo V.2. Conductimètre (Sensi ON 5) -(ONA.2018)	72
Photo V.3. Oxy-mètre (LDO HQ 30d)-(ONA.2018).....	73
Photo V.4. Balance électrique (KERN).....	74
Photo V.5. Dessiccateur-(ONA.2018).....	74
Photo V.6. Etuve chauffée-(ONA.2018).....	75
Photo V.7. Ensemble de filtration.....	75
Photo V.8. Réfrigérateur conservant)-(ONA.2018).....	76
Photo V.9 . Spectrophotomètre.....	77
Photo V.10 . Thermo réacteur (LT 200).....	77

Liste des Tableaux

Tableau I.1. Composants majeurs typique d'eau usée domestique.....	4
Tableau I.2. Caractéristiques des eaux usées.....	13
Tableau III.1. Avantages et Inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.....	31
Tableau III.2. Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.....	32
Tableau III.3. Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.....	34
Tableau III.4. Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux	35
Tableau III.5. Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration- percolation sur sable.....	37
Tableau III.6. Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel..	46
Tableau III.7. Avantages et Inconvénients du lagunage.....	47
Tableau VI.1. méthode de conservation des échantillons.....	72
Tableau VI.2. Les normes de rejets des eaux usées urbaines.....	74
Tableau VI.3. Les normes des eaux destinées à l'irrigation.....	75
Tableau VI.4. Variation mensuelle de la température (année 2016).....	75
Tableau VI.5. Variation mensuelle du pH des eaux usées (année 2016).....	76
Tableau VI.6. Variation mensuelle de l'Oxygène dissous des eaux usées (année 2016).....	77
Tableau VI.7. Variation mensuelle de la DCO (année 2016).....	78
Tableau VI.8. Variation mensuelle de paramètre de DBO5 (année 2016).....	80
Tableau VI.9. Variation mensuelle de MES (année 2016).....	81
Tableau VI.10. Variation mensuelle de rapport DCO/ DBO5 (année 2016).....	82
Tableau VI.11. Variation mensuelle de la conductivité (année 2016).....	83
Tableau VI.12. Variation saisonnière de la DBO5 (2015-2017).....	84
Tableau VI.13. Variation saisonnière de la DCO (2015-2017).....	85
Tableau VI.14. la variation saisonnière de MES (2015-2017).....	86
Tableau VI.15. Variation annuelle de la DBO5 (2015-2017).....	87
Tableau VI.16. La variation annuelle de la DCO (2015-2017).....	88
Tableau VI.17. La variation annuelle de MES (2015-2017).....	88
Tableau VI.18. Grille de la qualité (IPO).....	89
Tableau VI.19. Résultats du calcul de l'IPO et de CR.....	90

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Les eaux usées : origine et caractéristiques	
I.1.Introduction.....	2
I.2.Les différents types d’eaux usées	2
I.2.1.Les eaux usées domestiques	2
I.2.2.Les eaux usées industrielles.....	2
I.2.3.Les eaux usées pluviales	3
I.2.4.Les eaux usées urbaines.....	3
I.2.5.Les eaux usées d’irrigation.....	3
I.2.4.Les eaux usées de drainage.....	3
I.3.Composition des eaux usées	3
I.3.1.Les matières en suspension	4
I.3.2.Les micropolluants organiques et non organiques	4
I.3.2.1.Elément traces	5
I.3.2.2.Les micropolluants organiques.....	5
I.3.2.3.Les substances nutritives	5
I.3.2.3.1.L'azote	6
I.3.2.3.2.Le phosphore	6
I.3.2.3.3.Le potassium (K^+).....	6
I.3.2.3.4.Chlore et sodium.....	6
I.4.Caractéristiques physiques des eaux usées	7
I.4.1.Caractéristiques physiques	7
I.4.1.1.Température	7
I.4.1.2.Conductivité	7
I.4.1.3.Turbidité	7
I.4.1.4.Salinité.....	7
I.4.1.5.Matières en suspension (MES).....	8
I.4.1.6.Matières décantables.....	8
I.4.2.Caractéristiques chimiques.....	8

I.4.2.1.pH.....	8
I.4.2.2.Oxygène dissous.....	8
I.4.2.3.Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	8
I.4.2.4.Demande chimique en oxygène (DCO).....	8
I.4.2.5.Carbone organique total (COT).....	9
I.4.2.7.Azote.....	9
I.4.2.8.Nitrites (NO ₂ ⁻).....	9
I.4.2.9.Nitrates (NO ₃ ⁻).....	10
I.4.3. Caractéristiques Bactériologiques.....	10
I.4.3.1.Les coliformes.....	10
I.4.3.2.Les streptocoques fécaux et Enterococcus.....	11
I.4.3.3.Les bactéries sulfito-réductrices.....	12
I.4.4.Caractéristiques microbiologique.....	12
I.5.Conclusion.....	13

CHAPITRE II : La pollution des eaux: Types, origine et risques

II.1.Introduction.....	14
II.2.Les Origines de pollution.....	14
II.2.1.La pollution domestique.....	14
II.2.2.La pollution industrielle.....	14
II.2.3.La pollution agricole.....	14
II.2.4.La pollution des eaux pluviales.....	14
II.3.Les types de la pollution.....	15
II.3.1.Pollution physique.....	15
II.3.2.Pollution chimique.....	15
II.3.2.1.Pollution organique	15
II.3.2.2.Pollution minérale.....	16
II.3.3.Pollution microbiologique	17
II.3.3.1.Les virus	17
II.3.3.2.Les bactéries.....	17
II.3.3.3.Les protozoaires	17
II.4.Nature de la pollution	18

II.5.Degré de la pollution	18
II.5.1.Influence de la pollution sur la vie aquatique.....	18
II.5.2.Phénomène de l'eutrophisation.....	20
II.6.Risques de la pollution par les eaux usées	21
II.6.1.Risque sur l'environnement	22
II.6.2.Risque sur la santé humaine	22
II.6.3.La Règlementation.....	23
II.6.3.1.Les normes de L'OMS	23
II.6.3.2.Les normes Européenne	23
II.6.3.3.Les normes Algérienne.....	23
II.7. Conclusion	24
CHAPITRE III : Epuration des eaux usées	
II.1.Introduction.....	25
II.2. Epuration des eaux usées.....	25
III.2.1.Définition de	25
III.2.2.Critères de choix du procédé d'épuration.....	25
III.2.3.Rôle des stations d'épuration.....	26
III.2.4.Etapes d'épuration des eaux usées.....	26
III.2.4.1.Prétraitements.....	26
III.2.4.1.1.Dégrillage.....	26
III.2.4.1.2.Dessablage.....	27
III.2.4.1.3.Déshuilage- dégraissage.....	28
III.2.4.2.Traitement primaire.....	29
III.2.4.2.1.Décantation primaire.....	29
III.2.4.3.Traitement secondaire	30
III.2.4.3.1.Traitement biologique.....	30
III.2.4.3.1.A.Les procédés biologiques intensifs.....	31
III.2.4.3.1.A.1.Procédé de lit bactérien.....	31
III.2.4.3.1.A.2.Procédé de disques biologiques.....	32
III.2.4.3.1.A.3.Procédé de boues activées.....	33

III.2.4.3.1.B.Les procédés biologiques extensifs.....	34
III.2.4.3.1.B.1.Procédé des filtres plantés de roseaux	34
III.2.4.3.1.B.2.Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable.....	36
III.2.4.3.1.B.3.Procédé de lagunage.....	37
III.2.4.3.2.Décantation secondaire.....	39
III.2.4.4.Traitement tertiaires.....	39
III.2.4.4.1.Elimination de l'azote et de phosphore.....	39
III.2.4.4.1.A.Elimination de l'azote	39
III.2.4.4.1.A.1.Nitrification-dénitrification	39
III.2.4.4.1.A.2.Les résine échangeuses d'ions	40
III.2.4.4.1.B.Elimination de phosphore	40
III.2.4.4.1.B.1.La déphosphoration biologique.....	40
III.2.4.4.1.B.2.La déphosphoration physico-chimique	40
III.2.4.4.2. Adsorption.....	41
III.2.4.4.3.Les procédés de désinfection.....	41
III.2.4.4.3.A.La chloration	41
III.2.4.4.3.B.L'ozonation	41
III.2.4.4.3.C.Les rayons ultraviolets.....	41
III.3.Lagunage aérée.....	42
III.3.1.Définition de lagunage aéré	42
III.3.2.Principe de fonctionnement.....	42
III.3.2.1.Le lagunage aéré strictement aérobie	43
III.3.2.2.Le lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif.....	43
III.3.3.Classification des lagunes.....	43
III.3.3.1.Classification en fonction de l'environnement biologique.....	43
III.3.3.1.1.Lagune aérobie.....	43
III.3.3.1.2.Lagune anaérobie.....	43
III.3.4.3.3.lagune facultative.....	44
III.3.3.1.4.lagune de maturation.....	44
III.3.3.2.Classification selon les types de végétation.....	44

III.3.3.2.1.Lagune à microphytes.....	44
III.3.3.2.2.Lagunes à macrophytes.....	45
III.3.3.2.3.Lagunes composites (mixte).....	45
III.3.4.Dysfonctionnement du lagunage aéré et remèdes.....	46
III.3.5.Avantages et inconvénients du lagunage aéré.....	47
III.3.6.Contraintes d'exploitation.....	47
III.3.7.Conclusion.....	47

CHAPITRE IV : Présentation de la station de Hassani Abdelkrim

IV.1.Introduction.....	48
IV.2.Présentation de la station.....	48
IV.3.Principe de fonctionnement de la STEP.....	50
IV.3.1.Prétraitement de l'eau usée.....	51
IV.3.1.1.Dégrillage.....	51
IV.3.1.2.Dessablage.....	52
IV.3.1.3.Mesure du niveau d'eau et échantillonneur.....	52
IV.3.2.Partie biologique du traitement d'eau usée.....	52
IV.3.2.1.Lagunes aérées-première étape (A1, A2 et A3).....	52
IV.3.2.2.Lagunes aérées-deuxième étape (B1, B2 et B3).....	53
IV.3.2.3.Lagunes de finition (F1, F2 et F3).....	53
IV.3.3.Décharge des boues.....	54
IV.3.3.1.Lits de séchage des boues.....	54
IV.4.Dimension des ouvrages.....	55
IV.4.1.Prétraitement.....	55
IV.4.2.Lagunes d'aération (premier étage) A1,A2,A3.....	57
IV.4.3.Lagunes d'aération (Deuxième étage) B1, B2, B3.....	58
IV.4.4.Lagunes d'aération de finition F1,F2, F3.....	59
IV.4.5.Racleur des boues de lagune.....	59
IV.4.6.Lits de séchage des boues.....	59
IV.5.Les données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute.....	60
IV.6.Conclusion.....	61

CHAPITRE V : Procédure expérimentale

1.Introduction.....	62
V.2.But principale.....	62
V.3.Prélèvement et échantillonnage.....	62
V.4.Matériels et méthodes d'analyses.....	63
V.4.1.Paramètres étudiés.....	63
V.4.2.Détermination du pH et de la Température.....	63
V.4. 3.Détermination de conductivité électrique.....	64
V.4. 4.Détermination de l'oxygène dissous.....	65
V.4. 5.Détermination des matières en suspension (MES).....	66
V.4.6.Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	68
V.4.7.Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	69
V.5.Conclusion.....	70

CHAPITRE VI : Etude de fonctionnement de la station de Hassani Abdelkrim

VI.1.Introduction.....	71
VI.2.Prélèvement et conservation des échantillons.....	71
VI.3.Paramètres à analyser.....	72
VI.4.Normes relatives aux eaux usées.....	73
VI.5.Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle.....	77
VI.5.1.Variation mensuelle de la température.....	77
VI.5.2.Variation mensuelle du pH.....	78
VI.5.3.Variation mensuelle de l'oxygène dissous.....	78
VI.5.4.Variation mensuelle de la DCO.....	80
VI.5.5.Variation mensuelle de la DBO ₅	81
VI.5.6.Variation mensuelle de MES.....	82
VI.5.7.Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO ₅	83
VI.5.8.Variation mensuelle de la Conductivité.....	84
VI.5.9.Variation saisonnière de la DBO ₅ (2015-2017).....	85
VI.5.10.Variation saisonnière de paramètre DCO (2015-2017).....	86

VI.5.11.Variation saisonnière de MES (2015-2017).....	87
VI.5.12.Variation annuelle de la DBO ₅ (2015-2017).....	88
VI.5.13.Variation annuelle de la DCO (2015-2017).....	89
VI.5.14.Variation annuelle de MES (2015-2017).....	90
VI.6.Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination(Cr).....	91
VI.7.Recommandations.....	92
VI.8.Conclusion.....	92
Conclusion générale.....	93

Introduction générale

Au cours de ces dernières décennies, l'Algérie a connu un développement exponentiel touchant tous les secteurs : démographique, économique et touristique, ce qui a causé plusieurs problèmes socio-économiques et surtout environnementaux liés à la rareté des précipitations, aux risques sanitaires, à la carence du pouvoir réglementaire et d'assainissement.

Parmi les villes affectées par ces problèmes, la ville d'El Oued, surtout en raison de la rareté des précipitations. Pour palier ces problèmes, les autorités d'El Oued ont pensé à la réalisation des stations de traitement des eaux polluées (STEP) pour remédier le problème de la remontée des eaux, parmi ces stations, on cite la station de HASSANI ABDELKERIM.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'occasion d'effectuer un stage dans cette station de traitement des eaux usées, afin de suivre les divers traitements que subissent les eaux usées et les problèmes rencontrés au cours de ces traitements.

Le présent projet consiste à évaluer la performance du traitement biologique de la station de HASSANI ABDELKERIM. Le mémoire comporte six chapitres :

- **CHAPITRE I** : Les eaux usées : origine et caractéristiques.
- **CHAPITRE II** : La pollution des eaux: Types, origine et risques.
- **CHAPITRE III** : Epuration des eaux usées.
- **CHAPITRE IV** : Présentation de la station de Hassani Abdelekrim.
- **CHAPITRE V** : Procédure expérimentale.
- **CHAPITRE VI** : Etude de fonctionnement de la station de Hassani Abdelekrim.

CHAPITRE I

*Les eaux usées : origine et
caractéristiques*

I.1. Introduction

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent, sont des eaux chargées des résidus de matière organique ou minérale, solubles ou non, provenant de l'activité humaine, industrielle et agricole. Ce sont les eaux évacuées résultant de toutes les activités humaines journalières. Elle représente une fraction du volume des ressources en eaux utilisable mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel (**Taradat M.H., 1992**) .

La plus part des eaux usées sont pathogènes, elles peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé publique. On peut distinguer selon leurs origines. Les substances dangereuses indésirables et toxiques, un peu biodégradables dans le milieu aquatique telles que les hydrocarbures les microorganismes apportés par les matières fécales (**Benslimane R., 2001**).

Généralement on parle **d'eaux grises** pour toutes les eaux de lavage et d'eaux noires pour les eaux fécales des WC que l'on appelle aussi **eaux vannes**. Cette différence de couleur traduit le niveau du risque sanitaire.

I.2. Les différents types d'eaux usées

I.2.1. Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, des établissements et services résidentiels, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères, ces eaux usées comprennent les eaux ménagères, et des eaux de toilettes (eaux des vannes).

-**Les eaux ménagères** contiennent des matières en suspensions (terre, sable, déchets, Végétaux et animaux, matières grasses plus ou moins émulsionnées, fibres diverses) et des matières dissout (sels minéraux et substances organiques déverses) (**Thomas O., 1955**).

-**Les eaux vannes** contiennent des matières minérales, de la cellulose, des lipides, des protides de l'urée, de l'acide urique, des aminoacides, des acides gras, des alcools, des glucides (**Thomas O., 1955**).

I.2.2. Eaux usées industrielles

Elles sont très différents des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Tous effluents ou rejets industrielles obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels (**Mekhlaliff, 2009**).

Elles contiennent des matières organiques et minérales et éventuellement des matières toxiques qui peuvent entraîner un déséquilibre écologique des milieux récepteurs et nécessitent un traitement spécial selon la nature de polluant et des composés des eaux usées

de la part des industrielles avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte (**Benslimane R., 2001**).

I.2.3.Eaux usées pluviales

Les eaux issues du ruissellement qui sont rejetées après la pluie, la neige fondue.

La composition des eaux de pluies météoriques est très variable d'une zone géographique à l'autre car elle dépend fortement des émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère.

I.2.4.Eaux usées urbaines

Elles comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques de la terre, des limons, des boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants, hydrocarbures, pesticides, détergents, etc (**Thomas O .,1955**).

I.2.5.Eaux usées d'irrigation

L'utilisation massive des engrais chimique en agriculture peut donner lieu à une pollution des nappes souterraines par suite de l'entraînement dans le sol des constituants les plus habituellement contenus dans les engrais tels que les nitrates, et le potassium. Aussi, la pollution des eaux par les pesticides, en particulier par les herbicides consécutifs au ruissellement et au lessivage des terres cultivées environnantes, peut ralentir ou même inhiber le développement de la microflore (**Belkhiri D., 1999**)

I.2.6.Eaux usées de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures. Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terre perméable.

Les fuites d'eau dans les réseaux de distribution et de collecte des eaux usées, la restitution à partir des colatures, contribuent à l'alimentation de la nappe phréatique (**Boujelal et Djoudi .,2003**)

I.3. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (Tableau 1), est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (**Baumont et al., 2004**).

Tableau I.1. Composants majeurs typique d'eau usée domestique. (**Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba. ,2012**).

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore1	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	100

Le DBO₅ est la demande biochimique en oxygène à 20°C pendant 5 jours, c'est une mesure de la matière organique biodégradable dans les eaux usées. Selon (**Faby,1997**), elle dépend de :

- ✓ L'activité humaine et la nature des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.
- ✓ La composition des eaux d'alimentation en eau potable, et la nature des matériaux des canalisations d'eau.

I.3.1. Matières en suspension

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (**Faby, 1997**).

I.3.2.Micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées.

Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes. **(Baumont *et al.*, 2004).**

I.3.2.1. Éléments traces

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux, les plus abondants (de l'ordre de quelques µg/l) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) Sont présents à l'état de traces. **(Cauchi, 1996).**

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments **(Faby, 1997).**

I.3.2.2. Micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore **(Xanthoulis, 1993).**

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées :

Hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates, avec une concentration de l'ordre de 1 à 10 µg/l dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées **(Faby, 1997).**

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines **(Baumont *et al.*, 2004).**

I.3.2.3. Substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à

l'hectare :

- de 16 à 62 kg d'azote,
- de 2 à 69 kg de potassium,
- de 4 à 24 kg de phosphore,
- de 18 à 208 kg de calcium,
- de 9 à 100 kg de magnésium,
- de 27 à 182 kg de sodium (Faby, 1997).

I.3.2.3.1. Azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) (Martin, 1979).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ NO_2^- : nitratisation par *Nitrosomonas*
- NO_2^- NO_3^- : nitratisation par *Nitrobacter* (Chellé et al. 2005).

I.3.2.3.2. Phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en P_2O_5). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore (Asano, 1998).

I.3.2.3.3. Potassium (K^+)

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (Faby, 1997).

I.3.2.3.4. Chlore et sodium

Leur origine est :

- Naturelle (mer : 27g/l Na Cl, et terrains salés)
- humaine (10 à 15g/l Na Cl dans les urines/j).
- industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (Gaujous, 1995).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (Faby, 1997).

I.4.Caractéristiques des eaux usées

I.4.1. Caractéristiques physiques

I.4.1.1. Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des Sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**Rodier et al., 1996**).

I.4.1.2. Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

(REJSEK, 2002). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm².

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$1 \text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ mS/m}$. (RODIER, 2005).

I.4.1.3. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (**Rejsek, 2005**).

I.4.1.4. Salinité

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Nous ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium. Ces derniers officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique. La salinité n'est plus présentée comme un rapport de masse. Elle s'exprime sans unité, comme le pH, mais on trouve encore des salinités exprimées en ‰, en g/kg ou en PSU (pratiques salinité unité).

I.4.1.5. Matières en suspension (MES)

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

I.4.1.6. Matières décantables

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules.

Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales.

Les matières décantables sont les matières des grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et chimique.

I.4.2. Caractéristiques chimiques**I.4.2.1. pH**

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité dont le plus important est habituellement la concertation en an hydrique de carbone liée à la minéralisation totale. .

(Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba. ,2012).

I.4.2.2. Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présente de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène. . (Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba. ,2012).

I.4.2.3. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentent dans les eaux usées par les microorganismes du milieu.

Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendent 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis, 1993).

I.4.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des

composés organiques (détergents, matières fécales). . (Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba. ,2012).

I.4.2.5. Carbone organique total (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures, dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO.

(Tarmoul, 2007).

I.4.2.7. Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄.

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (Gaujous. 1995).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

L'ammonium est souvent dominant, c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal, en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (Tarmoul., 2007).

I.4.2.8. Nitrites (NO₂⁻)

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites.

Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très

faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (**Rodier., 2009**).

I.4.2.9. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (**Rodier, 2009**).

I.4.3. Caractéristiques Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène. (**RODIER, 2005**).

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

I.4.3.1. Coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) :

« Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37 C° ». (**REJSEK, 2002**).

Les coliformes comprennent les genres : Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia.

➤ Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 C°. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : Citrobacter freundii, Citrobacter diversus, Citrobacter amalonaticus, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Echerichia coli, Klebsiella pneumonia, Klebsiella oxytoca, Moellerella wisconsensis, Salmonella (sous genre III Arizona), Yersinia enterocolitica.

- Le terme « E. coli présumé » correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane, à 44 C°.
- Le terme « E. coli » correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane et ont les caractères biochimiques propres à cette espèce. (RODIER, 2005).

I.4.3.2. Streptocoques fécaux et Enterococcus

Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe **D** de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement : Enterococcus faecalis, E .faecium, E .durans, E. hirae, Streptococcus bovis, S. suis et S. equinus. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal.

Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations (que l'on peut évaluer à un rapport de 1 à 2 ou 4) dans le choix des prise d'essai.(RODIER ,2005).

Le genre Streptococcus est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre Streptococcus sont subdivisées en 5 groupes principaux :

- Les streptocoques pyogènes hémolytiques .
- Les streptocoques oraux .
- Les entérocoques .
- Les streptocoques lactiques.

L'application à ces bactéries des techniques de biologie moléculaire a donné un nouveau système de classification. Le genre unique original est maintenant séparé en 3 genres différents :

- Streptococcus : comprend la plupart des espèces pathogènes pour l'homme .
- Enterococcus : correspond au précédent groupe des enterocoques .
- Lactococcus : correspond aux streptocoques lactiques.

La norme ISO 7899-2 donne la définition suivante :

« Microorganismes se développant à 37 C° sur un milieu de Salnetz et Bartley, donnant une réaction positive à 44 C° sur une gélose biliée à l'esculine et qui, de plus, donnent une réaction négative dans l'essai à la catalase ».

Dans la norme française NF EN 7899-2 les enterocoques sont définis comme « Bactéries Gram positif, sphériques à ovoïdes, formant des chaînettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène de groupe D, cultivant en anaérobiose à 44C°, et à pH 9,6 et capables d'hydrolyser l'esculine en présence de 40% de bile ». (REJSEK,2002).

I.4.3.3. Bactéries sulfito-réductrices

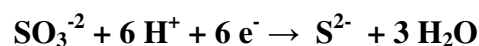
Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoque fécaux, permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente.

Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de pollution ,il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence.

Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale : c'est le cas en particulier de Clostridium perfringens. (RODIETR, 2005).

Selon REJSEK (2002), les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et celles de Clostridium perfringens peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol : signe d'efficacité de la filtration naturelle. De plus, Clostridium perfringens, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence.

Donc la nomenclature sulfito-réducteurs est attribuée à ces germes car ils ont comme point commun de réduire le sulfite de sodium en sulfure selon la réaction suivante :



I.4.4. Caractéristiques microbiologique

La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les shigelles, ainsi que certains pathogènes peuvent donner une indication sur les risques liés à l'utilisation de certains types d'eaux (Baumont *et al.*, 2004).

Tableau .I.2. Caractéristiques des eaux usées.

Caractéristiques physiques	Température, Conductivité, Turbidité, Matières en suspension (MES), Matières décantables...
Caractéristiques chimiques	pH, Oxygène dissous, Demande biologique en oxygène (DBO_5), Demande chimique en oxygène (DCO), Carbone organique total (COT), Azote, Nitrites (NO_2^-), Nitrates (NO_3^-)...
Caractéristiques Bactériologiques	Les coliformes, Les streptocoques fécaux et Enterococcus, Les bactéries sulfito-réductrices.
Caractéristiques microbiologique	La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les shigelles

I.5. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre les origines et caractéristiques des eaux usées.

CHAPITRE II

*La pollution des eaux: types,
origine et risques*

II.1. Introduction

Depuis le milieu du 18^{ème} siècle, le monde connaît une forte croissance économique due en partie à l'industrialisation. Mais ce changement a fait augmenter le taux de pollution dans l'air, dans les sols et dans l'eau. Cette dégradation peut avoir un impact important sur la planète en modifiant les écosystèmes et sur la santé.

Nous traiterons dans ce chapitre le sujet de la pollution liée à l'eau, L'eau présente deux problèmes : l'un quantitatif, à savoir sa disponibilité, l'autre qualitatif c'est-à-dire sa pureté, ou plutôt son degré de pollution.

II.2. Les Origines de pollution

La provenance des eaux usées à l'égout est multiple.

II.2.1. Pollution domestique

Les eaux usées domestiques se composent:

- Des eaux vannes d'évacuation des toilettes.
- Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, des salles de bain,....

Les polluants présents dans ces eaux sont constitués par des matières organiques dégradables, des matières minérales, et des germes pathogènes (**Mr Coulay**).

II.2.2. Pollution industrielle

Les caractéristiques de ces eaux sont directement liées au type d'industrie concernée.

Une épuration commune des eaux usées industrielles avec les eaux domestiques peut s'envisager à condition que la nature des pollutions soit identique et exempte de substances toxiques (**Mr Coulay**).

II.2.3. Pollution agricole

En milieu rural, les pluies provoquent le lessivage des terres agricoles, entraînant engrais et pesticides vers les cours d'eau ou les nappes. Elles ont un caractère fertilisant très important.

II.2.4. Pollution des eaux pluviales

Ces eaux peuvent être fortement polluées, en particulier en début de pluie, du fait:

- De la dissolution des fumées dans l'atmosphère;
- Du lavage des chaussées grasses et des toitures chargées de poussière;
- Du lessivage des zones agricoles.

Les polluants présents dans ces eaux peuvent être des matières organiques biodégradables ou non, des matières minérales dissoutes ou en suspension, ou des éléments toxiques (**Mr Coulay**).

II.3. Les types de la pollution

II.3.1. Pollution physique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (**Baumont et al. 2004**).

➤ **pollution mécanique**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES (**Galaf., 2003**).

➤ **Pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..), l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution (**Galaf., 2003**).

➤ **Pollution radioactive**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements.

II.3.2. Pollution chimique

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

➤ **Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).

➤ **Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

II.3.2.1. Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux.

Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

Les détergents

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

Les pesticides

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- Rupture de l'équilibre naturel.

Les hydrocarbures

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère (**Encyclopédie., 1995**).

II.3.2.2. Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (**Mayet., 1994**).

Les métaux lourds

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (**Keckel al, 2000**).

Les éléments minéraux nutritifs

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques (**Mayet., 1994**), 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.

II.3.3. Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales.

Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (**Baumont *et al.* 2004**).

II.3.3.1. Virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (**CSHPF, 1995**).

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal, parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (**Asano, 1998**).

II.3.3.2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 1012 bactéries/g (**Asano, 1998**).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiiums. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de séro types différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants (**Faby, 1997**).

II.3.3.3. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées

(Baumont *et al.*, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoebahistolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *giardialamblia* (Asano, 1998).

II.4. Nature de la pollution

Diverses formes de pollution affectent les ressources en eau. La pollution « thermique » est la conséquence du déversement dans le milieu aquatique « fleuves, eau littorales) de quantités considérables d'eau utilisées pour le refroidissement, surtout lors de la production d'énergie électrique par les centrales thermiques ou nucléaires. L'élévation excessive de la température de l'eau fluviale, surtout en période d'étiage, peut modifier l'équilibre biologique des eaux au regard des espèces piscicoles et faciliter le développement d'amibes libres, pathogènes pour les baigneurs (FESTY et TRICARD, 1989).

Il est très difficile de changer complètement les effets de la pollution de l'eau. Les processus naturels qui nettoient l'eau peuvent prendre des années, des décennies ou même des siècles. Les processus technologiques coûteux nécessitent des années avant d'enlever complètement tous les polluants nuisibles dans l'eau. Il y a 2 aspects, lors de contamination, qui est important de traiter. Premièrement, la source de la pollution de l'eau doit être enlevée pour que la contamination supplémentaire ne se produise pas.

Nombre de micropolluants parviennent dans les eaux par le biais des effluents de stations d'épuration. Ils constituent alors une charge permanente dans l'environnement et risquent (lorsque l'effluent n'est pas suffisamment dilué) de porter atteinte aux organismes aquatiques et dès lors à tout l'écosystème. Pour réduire l'apport de micropolluants, des mesures s'imposent à différents niveaux, mais seule une optimisation ciblée des stations d'épuration permettra de réduire sensiblement l'apport d'une vaste palette de substances.

II.5. Degré de la pollution

II.5.1. Influence de la pollution sur la vie aquatique

- L'oxygène diffuse à travers l'interface air-eau pour se dissoudre dans l'eau.
- Les végétaux aquatiques, les algues, récupèrent le gaz carbonique, les sels minéraux de l'eau, utilisent la lumière pour la photosynthèse et rejettent de l'oxygène dans l'eau.
- Les poissons consomment l'oxygène qu'il y a dans l'eau et mangent les plantes, les algues, les insectes, et les gros poissons ... mangent les petits poissons.
- Les micro-organismes (des bactéries, par exemple) utilisent la matière organique et minérale et l'oxygène présent dans l'eau pour se développer et se multiplier.

Comme cette matière organique est présente en faible quantité, ils ne se multiplient que très lentement et donc, ne consomment que peu d'oxygène ... ce qui en laissera au poisson pour respirer.

- La lumière qui traverse le volume d'eau va servir aux algues, aux plantes aquatiques pour produire de l'oxygène qui servira lui aussi, aux poissons, aux bactéries... Et tout cela vit dans un certain équilibre et tout s'arrange tranquillement, et tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes...

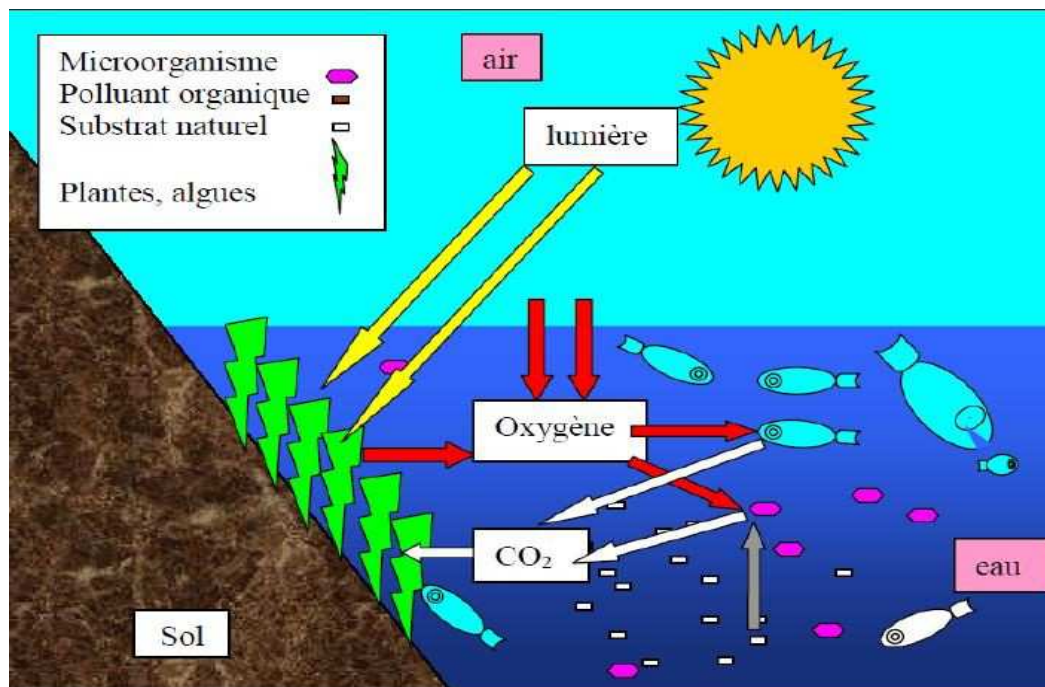


Figure II.1. Exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre
(René Moletta,2011).

Le problème va arriver quand on va introduire, en quantité significative, de la matière organique ou minérale, dans ce lac. Elle va entraîner une modification des caractéristiques de cet équilibre même si elle est d'origine naturelle. Cette matière est polluante car elle devient un nouveau substrat pour les microorganismes qui vont la consommer très rapidement .

En même temps, ils vont, consommer plus d'oxygène (qui est dissous dans l'eau).

Ils peuvent consommer tellement d'oxygène qu'il n'y en aura plus assez pour les poissons.

Ils vont mourir par asphyxie.

La prolifération des micro-organismes va rendre l'eau plus opaque et va empêcher la lumière d'atteindre les algues et diminuer ainsi la production d'oxygène dans l'eau ce qui va amplifier l'asphyxie des poissons. Alors quel sont les principaux facteurs introduits qui

peuvent modifier l'équilibre d'un écosystème ?

- Les matières organiques ou minérales, d'origines naturelles ou non.
- Des produits dit «toxiques » car de petites concentrations ont de grands impacts.
- Des particules ou des colorants qui vont empêcher la lumière d'atteindre les algues.
- Une température élevée ou très basse qui va détruire les être vivants qui ne sont pas adapté.
- L'introduction d'un organisme prédateur peut générer un nouvel écosystème (poisson vorace par exemple, ou une algue qui s'installe à la place de toutes les autres).

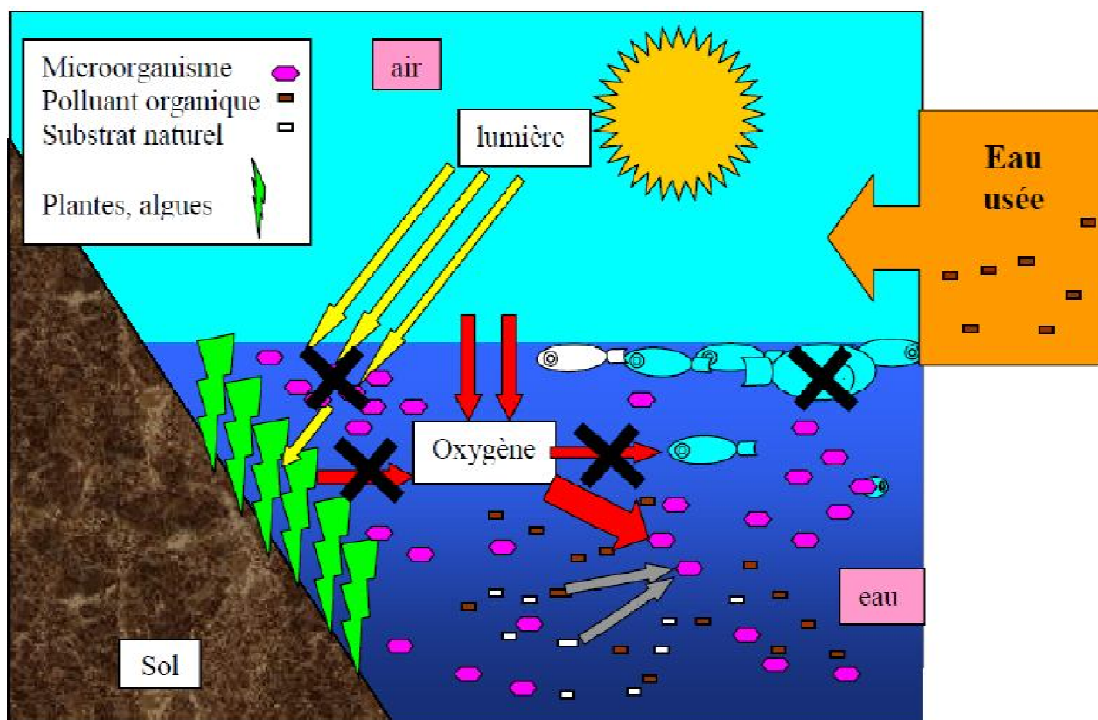


Figure II.2. Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac

(René Moletta, 2011).

L'effet de ces pollutions conduit à la modification, voir plus souvent, à une réduction importante de la bio-diversité.

Un produit naturel, composé de matière facilement consommable par les microorganismes (comme le sucre par exemple) peut donc devenir un polluant si elle est rejetée en grande quantité dans le milieu naturel.

II.5.2. Phénomène de l'eutrophisation

L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques. Ce processus, se déroule normalement sur une période allant de plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers d'années. Cependant, les activités humaines l'ont accéléré dans de nombreux lacs en augmentant la quantité

d'éléments nutritifs qui leur parviennent, provoquant des changements dans l'équilibre de ces écosystèmes aquatiques.

Au delà de la conséquence sur les concentrations en oxygène dans l'eau, la pollution organique a pour effet majeur d'eutrophiser les milieux aquatiques, c'est-à-dire de les enrichir en nutriments (azote, phosphore). Ces conditions favorisent le développement surabondant de certaines espèces d'algues, modifiant complètement le fonctionnement de l'écosystème. On parle de dystrophisation. Ces déséquilibres provoquent une diminution de la biodiversité et entraînent un risque de production de toxines par certaines algues.

L'eutrophisation des eaux entraîne le développement surabondant de certaines algues.



Figure II.3. Rivière en eutrophie (*ANDRE H, 2002*).

Le phénomène d'eutrophisation se manifeste par une augmentation de la biomasse phytoplanctonique dans la colonne d'eau qui, en se décomposant peut entraîner une désoxygénation des eaux. Parmi cette biomasse algale se développent des algues phytoplanctoniques, en majorité non siliceuses, donc certaines émettent des toxines qui peuvent être dangereuses pour la faune marine (poissons, coquillages,...) et pour les consommateurs.

II.6. Risques de la pollution par les eaux usées

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

II.6.1. Risque sur l'environnement

- Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- Présence de produits toxiques.
- Prolifération d'algues.
- Modification physique du milieu récepteur.
- Présence de bactéries ou virus dangereux (**Yahiaoui, 2015**).

A- Effets sur le sol

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation.
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol.
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques.
- L'accumulation de nutriments (**FAO, 2003**).

B- Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration des ces dernières. (**FAO, 2003**)

C- Effet sur les eaux superficielles

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (**Baumont et al., 2004**).

II.6.2. Risque sur la santé humaine

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé (**OMS, 2005**).

II.6.3. Règlementation

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration des divers composants de ces eaux.

II.6.3.1. Normes de L'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial en 1989. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Pourtant, ces normes sont aujourd'hui extrêmement loin d'être appliquées en monde.

Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement (voir tableau annexe II.1) (Rotbardt, 2011).

II.6.3.2. Normes Européenne

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires dans des délais qui s'échelonnent entre fin 1998 et fin 2005.

- Le traitement correspond à un traitement biologique :

DBO₅: 25 mg/L ou 70 à 90 % de réduction

DCO : 125 mg/L ou 75 % de réduction

MES : 35 mg/L ou 90 % de réduction

Les niveaux de rejet ou les pourcentages de réduction sont à respecter 95 % du temps. La transcription de cette directive européenne en droit français a été prise en compte dans les arrêtés du 22 décembre 1994 et du 12 mai 1995 (voir tableau annexe II.2) (Gaïd, 2007).

II.6.3.3. Normes Algérienne

La réglementation algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilité d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamentale, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales (voir tableau

annexe II.3) (**Djeddi, 2007**).

II.7. Conclusion

La question relative à la pollution de l'eau est capitale et la responsabilité de chacun à tous les niveaux est importante. L'eau, patrimoine commun fragile et limitée, dont la dégradation, depuis dizaines d'années de politiques, de protection et de gestion reste une préoccupation dans tous les secteurs, exige maintenant la mobilisation de tous. Conserver les ressources, la distribution d'eau potable, collecter et nettoyer l'eau sale et la prévention des risques requiert la participation de nombreux intervenants.

CHAPITRE III

Epuration des eaux usées

III.1. Introduction

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré.

Au cours de ce chapitre nous nous sommes intéressés à l'étude des différents procédés d'épuration de ces effluents avant les rejets dans le milieu naturel et l'épurations des eaux usées par lagunage aéré .

III.2. Epuration des eaux usées

III.2.1. Définition

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable (SAGGAI, 2003).

III.2.2. Critères de choix du procédé d'épuration

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Le choix d'un procédé par rapport à une autre repose sur :

- Le degré de pollution et nature des eaux à traiter (DCO, DBO₅, MES....)
- La facilité d'exploitation, de gestion et d'entretien.
- La disponibilité du terrain et du site récepteur, la nature du sol, les facteurs climatologiques....
- Le coût d'investissement, et d'exploitation.
- Qualification du personnel d'exploitation.
- Le rapport DCO/ DBO₅ est une indication très importante pour le choix du procédé de traitement à effectuer.

Le rapport DCO/ DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des matières présentes dans l'eau usée, (la biodégradabilité est la capacité d'une substance, ou son aptitude à être décomposée par les bactéries) .

III-2-3- Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.

Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (**BENZAOUI et ELBOUS, 2009**).

III.2.4. Etapes d'épuration des eaux usées

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physique, chimiques et biologiques. D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes:

- Prétraitements.
- Traitements primaire.
- Traitements secondaire.
- Traitements tertiaires ou de finition.

III.2.4.1. Prétraitements

III.2.4.1.1. Dégrillage

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation.

L'eau brute passe à travers d'une grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés à un angle sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (**Gaid, 2007**). Selon l'espacement entre les barreaux de la grille on distingue :

Un pré dégrillage: l'espacement des barreaux varie de 30 à 100mm.

Un dégrillage moyen: l'espacement des barreaux varie de 10 à 25mm.

Un dégrillage fin: l'espacement des barreaux varie de 3 à 10mm.

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants, la nature de l'effluent à traiter et le mode de nettoyage des grilles. On cite :

A-Grilles manuelles

Grilles manuelles composées par des barreaux droits en acier. Elles peuvent être verticales mais le plus souvent inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale. Dans les petites stations d'épuration rurales, les grilles sont quelquefois remplacées par des paniers perforés relevables, lorsque les collecteurs d'arrivée sont très enterrés (**Laurent, 1994**). Elles sont réservées à la petite station.



Figure III .1.Grille manuelle.

B-Grilles mécaniques

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Elles se classent en deux catégories :

- **Grille droite:** elle est inclinées à 80° sur l'horizontale, et qui sont conçues avec différents dispositifs de nettoyage tels que : râteau alternatif à commande par crémaillère pour hauteur moyenne de relèvement des détrit, râteau ou 5 grappin alternatif, à commande par câbles. Permettant d'obtenir une grande hauteur de relèvement des détrit, brosses montées sur chaînes sans fin. pour dégrillage fin (Laurent, 1994).
- **Grille courbes:** Ce type de grille est très bien adapté aux stations de petite ou moyenne importance. Ces grilles très robustes sont installées sur des collecteurs peu enterrés, prévues pour des profondeurs d'installation inférieures à 2 m par rapport au sol, leur largeur peut atteindre jusqu'à 3 m (Laurent, 1994).

III.2.4.1.2. Dessablage

Le dessablage c'est un procédé consiste a l'élimination des sable présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 mm, la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du dessableur calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, et éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables (Gaïd, 2007).

Les types des dessableurs à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont :

A-Les dessableurs couloirs, dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.

B-Les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air.

C-Les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. L'insufflation de l'air provoque une rotation de liquide et crée une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit (Gaïd, 2007).

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.

III.2.4.1.3. Déshuilage- dégraissage

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines,...etc.

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières s'estiment par la mesure des «matières extractibles par solvants». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Le temps de séjour dans cet ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h (Gaïd, 2007).

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter parmi lesquels :

A-Dégraisseur-déshuileur aéré: Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h (Boumediene, 2013).

B- Déshuileur longitudinal: C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond. L'ouvrage est calculé pour :

- une vitesse d'écoulement horizontal de 20 à 50 m/h.
- une longueur de 2 à 6 m.
- une hauteur d'eau de 1 à 3 m (Boumediene, 2013).

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

III.2.4.2. Traitement primaire

III.2.4.2.1. Décantation primaire

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension 'MES' naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse) (Aouabed, 2009).

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur, les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé **décanteur** pour former les boues primaire.

En moyenne elle élimine jusqu'à 80% de MES et 30% à 40% de la DBO₅. La décantation primaire s'impose généralement pour les stations d'épuration des grandes agglomérations (Aouabed, 2009).

Pour avoir une bonne qualité d'eau décantée, une sédimentation efficace et un épaississement correct des boues, différentes zones horizontales de l'ouvrage sont déterminées : la zone d'eau claire est comprise entre 0,5 et 1 m de haut, la zone de sédimentation entre 1,5 et 2,5 m et enfin la zone d'épaississement entre 0,5 et 1,5 m (Gaid, 2007). Il y a plusieurs types de décantation parmi lesquels on distingue :

A-Décantation classique

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classique est essentiellement la vitesse ascensionnelle V (m/s). Il existe de nombreux types de décanteurs classiques, selon le sens d'écoulement des eaux et, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues on trouve (Gaid, 2007):

- décanteur horizontal avec raclage des boues .
- décanteur cylindro-conique ordinaire.
- décanteur circulaire avec raclage des boues.

B-Décantation lamellaire

De conception plus moderne, le principe de la décantation lamellaire consiste à utiliser des plaques proches les unes des autres pour accroître la surface de décantation disponible par volume d'ouvrage. Afin d'assurer l'évacuation des boues, les plaques sont inclinées d'un angle par rapport à l'horizontale (Gaid, 2007).

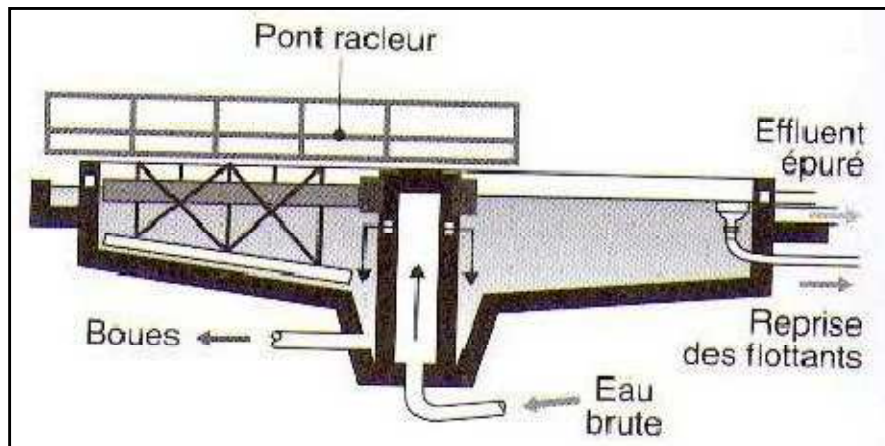


Figure III.2. Schéma d'un décanteur primaire (Laurent, 1994).

III.2.4.3. Traitement secondaire

III.2.4.3.1. Traitement biologique

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique (décantée ou non) en la transformant en matières en suspension microorganismes et leurs déchets, plus facilement récupérables.

Le traitement biologique peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (boues activées, lagunage), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lits bactériens, disques biologiques) (Gaïd, 2007).

Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique parmi lesquels, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs.

A. Procédés biologiques intensifs

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 de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Perera et Baudot, 1991). Parmi ces procédés on distingue :

A.1. Procédé de lit bactérien

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (Alexandre et al., 1997).

Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) 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. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. 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 (**Perera et Baudot, 1991**).

Le tableau III.1 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lits bactériens.

Tableau III.1.Avantages et Inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
• Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. • Faible consommation d'énergie. • Bonne décantabilité des boues. • L'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.	• Coûts d'investissement assez élevés. • Source de développement d'insectes et d'odeurs. • Sensibilité au colmatage et au froid. • Boues fermentescibles.

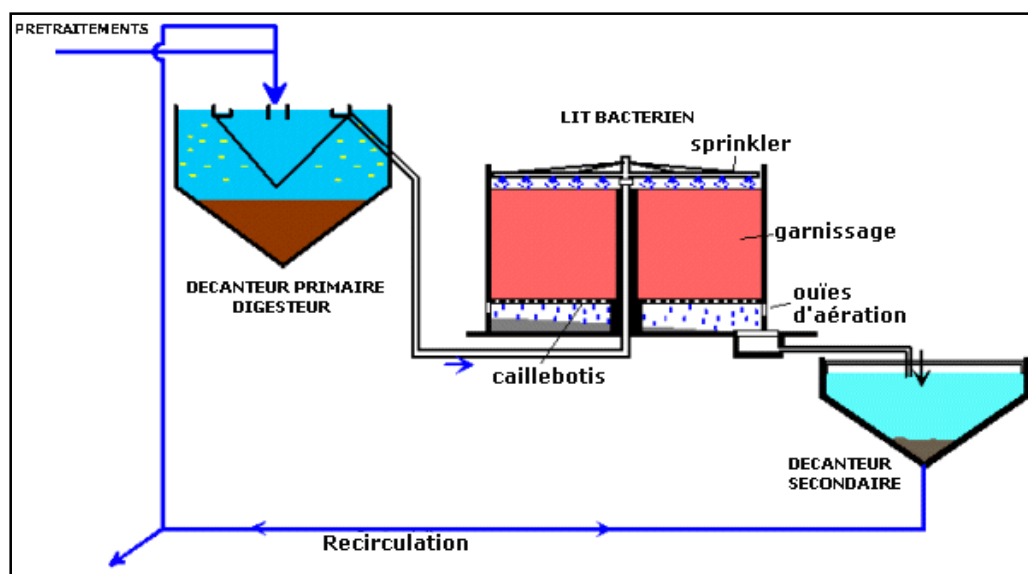


Figure III.3.Schéma du traitement biologique par lit bactérien.

A.2. Procédé de disques biologiques

Les disques biologiques ou biodisques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/mn (**Dhaouadi, 2008**). Les disques biologiques c'est un procédé biologique à cultures fixées.

Principe de fonctionnement

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (**Aouabed, 2009**).

Le tableau III.2 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques.

Tableau III.2.Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.

Avantages	Inconvénients
• Résistance au froid (les disques sont – toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). • L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. • Généralement adaptés pour les petites collectivités. • Faible consommation d'énergie.	• Très sensibles à la qualité des eaux à traiter. • La sensibilité au gel et aux huiles et graisses. • Coûts d'investissement assez élevés. • Ce procédé pose des problèmes dans la construction.

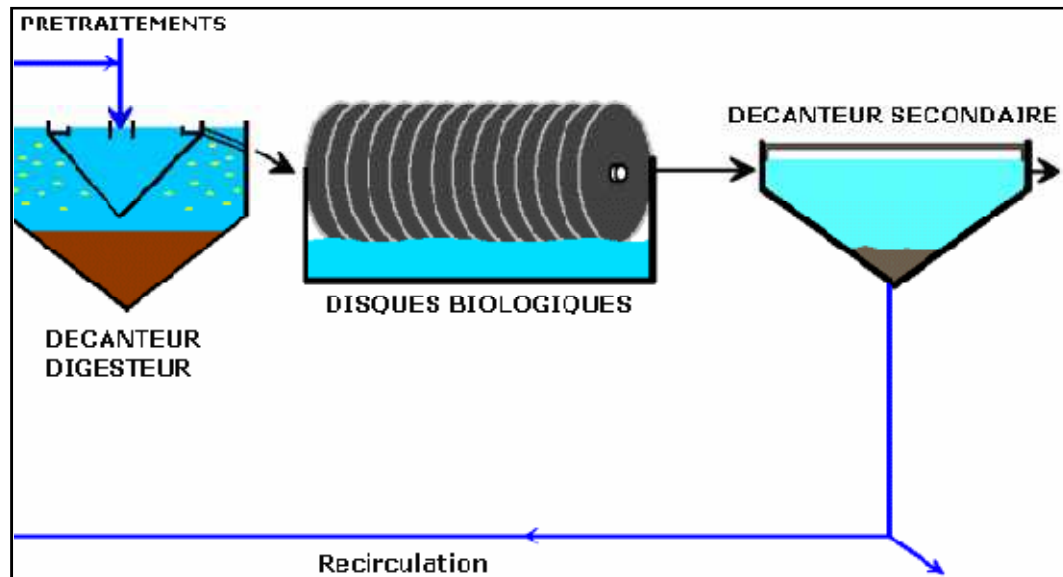


Figure III.4. Schéma du traitement biologique par disques biologiques

(Perera et Baudot, 1991).

A.3. Procédé de boues activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

➤ Principe de fonctionnement

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

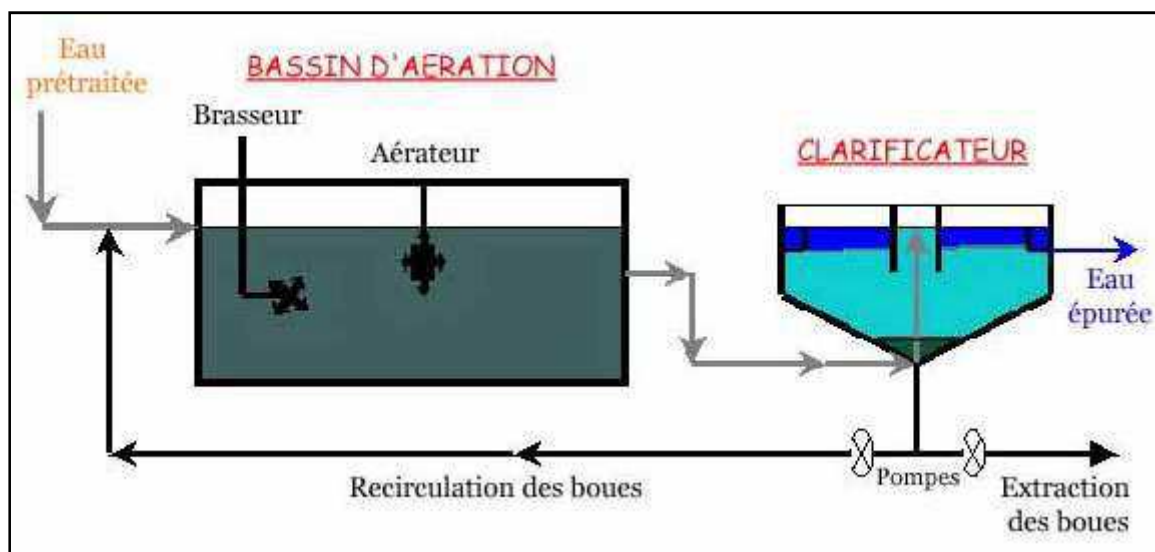
Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).

Le tableau III.3: qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par boues activées.

Tableau III.3. Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification). - Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles - Boues légèrement stabilisées.	- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser. - Consommation énergétique importante. - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. - Sensibilité aux surcharges hydrauliques.

**Figure III.5.** Schéma du traitement biologique par boues activées.

B. Procédés biologiques extensifs

Les procédés extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

B.1. Procédé des filtres plantés de roseaux

Les filtres plantés de roseaux c'est un procédé biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre. Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter (Perera et Baudot, 1991).

➤ Principe de fonctionnement

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins.

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées, mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés (**Perera et Baudot, 1991**).

La caractéristique principale des "Filtres plantés de roseaux" réside dans le fait que les filtres du 1^{er} étage de traitement, dont le massif filtrant actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec des eaux usées brutes (sans décantation préalable).

Les processus épuratoires sont bien sûr assurés par des micro-organismes fixés, présents dans les massifs filtrants mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration. Les filtres du 2^{ème} étage, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, complètent le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés (**Alexandre et al., 1997**).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par filtres plantés de roseaux sont cités dans le tableau suivant :

Tableau III.4. Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres plantés de roseaux.

Avantages	Inconvénient
• Facilité et faible coût d'exploitation. • Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisante • Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. • Gestion réduite au minimum des boues. • Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.	• Risque de présence d'insectes ou de rongeurs. • Exploitation régulière, fauchage annuel de la partie aérienne des roseaux • Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. • Nécessité d'un dessaleur en tête sur réseau unitaire.

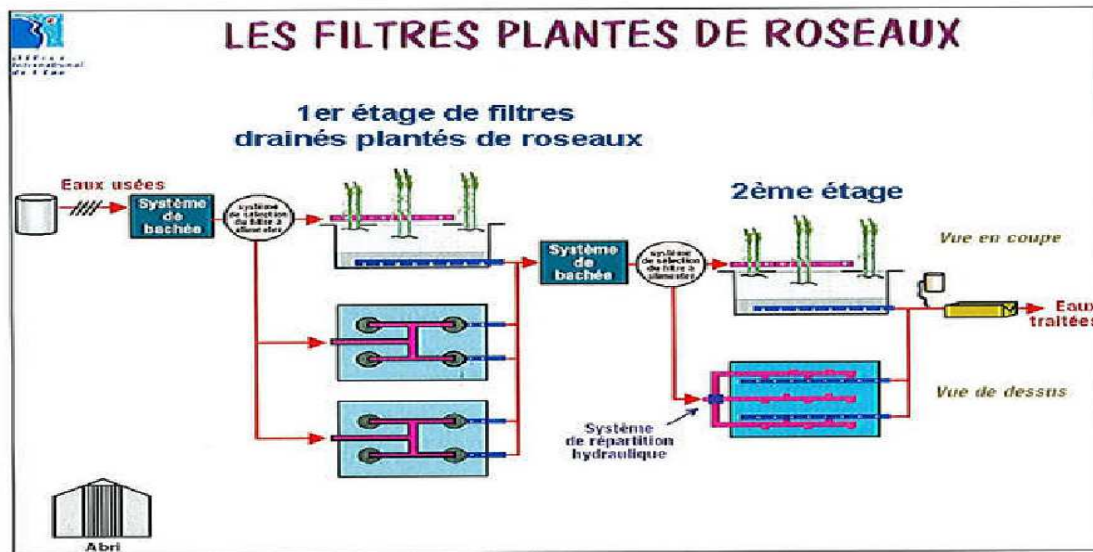


Figure III.6. Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux
(Alexandre et al., 1997).

B.2. Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable

Les lits d'infiltration-percolation sur sable d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration (Perera et Baudot, 1991).

➤ Principe de fonctionnement

L'infiltration-percolation consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux rapportés. Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant phases d'infiltrant et phases de séchage. L'épuration nécessite une infiltration en milieu poreux non saturé et le renouvellement de la phase gazeuse par l'air atmosphérique qui apporte l'oxygène indispensable à l'oxydation des matières organiques et de l'azote (Faby, 1999).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par les lits d'infiltration percolation sur sable sont cités dans le tableau suivant:

Tableau III.5. Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.

Avantages	Inconvénients
• Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques). • Rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO₅ et MES. • Capacité de décontamination intéressante • Nitrification importante des composés azotés. • Surface nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.	• Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace. • Risque de colmatage à gérer. • Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants. • Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

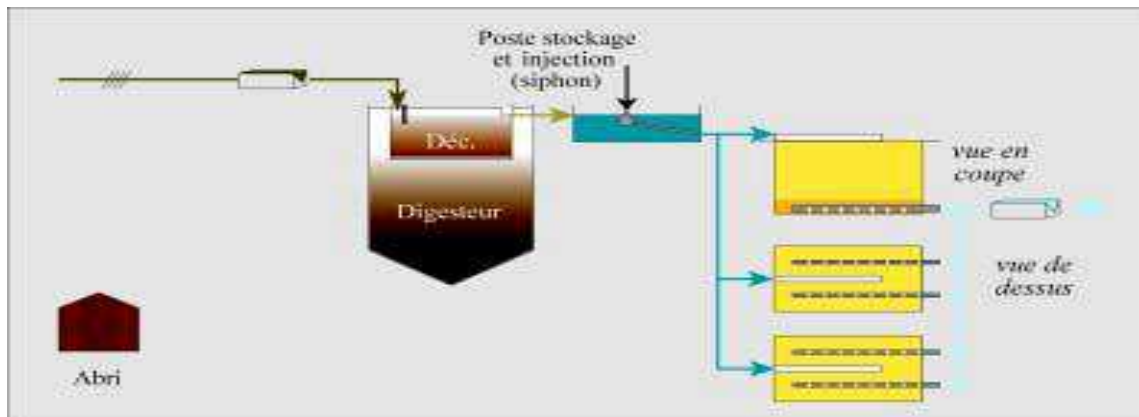


Figure III.7. Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur Sable (Alexandre et al., 1997).

B.3. Procédé de lagunage

Le lagunage est un procédé de traitement biologique, en cultures libres. Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.

➤ Principe de fonctionnement

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries (Dhaouadi, 2008). Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

✚ Lagunage aéré

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées (Alexandre et al., 1997).

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique (aérateurs de surface), on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (Dhaouadi, 2008).

✚ Lagunage naturel

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (Gaïd, 2007).

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux (Alexandre et al., 1997).

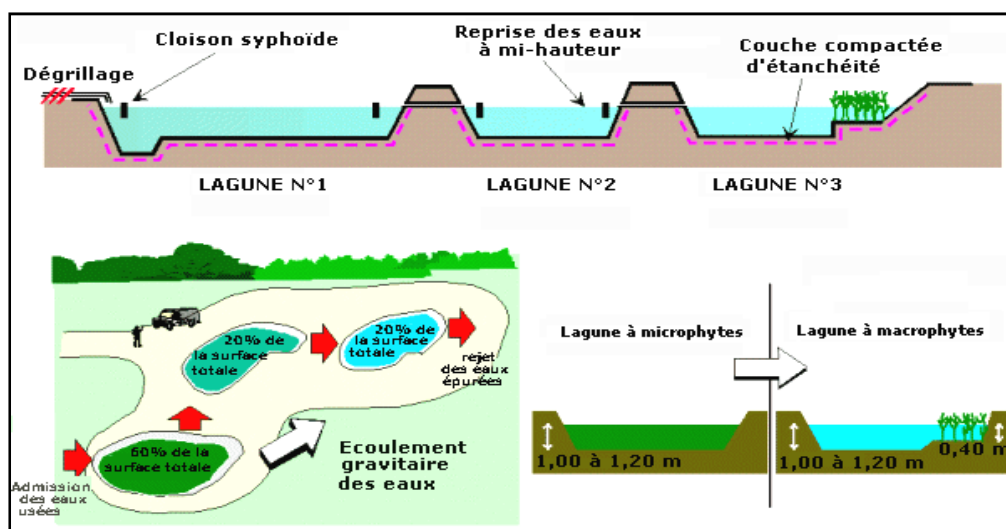


Figure III.8. Schéma du traitement biologique par Lagunage naturel.

III.2.4.3.2. Décantation secondaire

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (Boumediene, 2013).

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

III.2.4.4. Traitement tertiaires

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 attendre d'un traitement secondaire.

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

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place. On y distingue généralement les opérations suivantes :

III.2.4.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore:

A. Elimination de l'azote

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, des traitements biologiques, de "**nitrification-dénitrification**" ou par **échange d'ions** (traitements physico-chimiques).

A.1. Nitrification-dénitrification

Nitrification

La nitrification consiste en la transformation (l'oxydation) de l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate, elle est réalisée de façon biologique par les bactéries nitrifiantes. Le temps de rétention des eaux dans le bassin d'aération doit donc être assez long (Servais, 2006).

La nitrification s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

- Nitritation: Oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par les bactéries des genres Nitrosomonas.
- -Nitratation: Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par les bactéries aux genres Nitrobacter.

Dénitrification

La dénitrification est le processus par lequel les bactéries dénitrifiantes anaérobies convertissent le nitrate en azote gazeux (N_2).

Cette relation est réalisée par le fait que, en absence d'oxygène, ces bactéries sont capables d'utiliser immédiatement l'oxygène des nitrates comme un oxydant. En pratique, cette étape sera réalisée grâce à un bassin tertiaire anaérobie (**Servais, 2006**).

A.2. Résine échangeuses d'ions

Cette technique s'applique aux formes minérales de l'azote et du phosphore, et la présence de M.O dans l'eau rend complexe l'utilisation des résines. En effet une partie de ces résines tend à se fixer irrémédiablement sur les résines et à diminuer progressivement leur capacité d'adsorption, il importe donc de les éliminer avant le passage de l'effluent sur les résines (**Boumediene, 2013**).

B. Elimination de phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par voies physicochimiques ou biologiques.

B.1. Déphosphoration biologique

Repose sur l'accumulation de phosphore à l'intérieur des bactéries, qui, sont évacuées avec les boues en excès. La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie. Les bactéries déphosphatantes sont des bactéries aérobies strictes obtenant l'énergie seulement à partir de l'oxygène, ou bien des bactéries aérobies facultatives, tirant l'énergie en priorité de l'oxygène, puis des nitrates en absence d'oxygène. Les mécanismes de la déphosphatation biologique relativement complexe (**Boumediene, 2013**).

B.2. Déphosphoration physico-chimique

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières. Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 % (**Boumediene, 2013**).

III.2.4.4.2. Adsorption

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant.

L'adsorption est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

Le charbon actif est souvent utilisé comme adsorbant, c'est un matériau obtenu par pyrolyse du bois, noix de coco, charbon, lignine, et en général tout composé organique.

L'utilisation de filtres à charbon actif en grains dans les installations de traitement a été mise en œuvre dans le but de retenir, par adsorption, une partie de la pollution organique qui n'a pas pu être éliminée par les premières étapes de traitement.

III.2.4.4.3. Procédés de désinfection

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en pathogènes. C'est pourquoi un traitement supplémentaire est parfois réalisé : la désinfection. Cette dernière peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment par la chloration, les rayons ultraviolets et l'ozonation.

A. Chloration

Le chlore est un oxydant puissant, leur utilisation est plus ancienne mais elle présente des contraintes de transport et de manutention. Pour agir correctement, le chlore impose d'une part que l'eau soit préalablement bien épurée et, d'autre part, qu'un temps de contact de 30 min soit respecté. Le chlore se combine à l'ammoniac contenu dans l'eau pour former des chloramines qui deviennent alors l'agent désinfectant.

B. Ozonation

L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux quelque pays, il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes.

L'ozone offre un large spectre d'action. Il est efficace aussi bien contre les virus que contre les bactéries et agit avec un temps de contact de courte durée (10 min). Produit sur site, il nécessite pour son exploitation du personnel qualifié. (Gaïd, 2007).

C. Rayons ultraviolets

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement aux flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes (Metahri, 2012).

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et

400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute réplication du matériel génétique et engendre leur mort (**Gaid, 2007**).

A côté de ces procédés, le traitement tertiaire pouvant comporter autres procédés pour éliminer et traiter les boues finales (mise en décharge, valorisation) et les odeurs (La technique la plus souvent appliquée utilise l'absorption gazeuse).

III.3. Lagunage aéré

III.3.1. Définition de lagunage aéré

Un lagunage aéré, un étang aéré ou un bassin aéré est un traitement de l'eau artificiel à travers une aération forcée pour favoriser l'oxydation biologique des eaux usées (**B.Méot et Z.Alamy,1990**).

III.3.2. Principe de fonctionnement

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des microorganismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation.

L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée. Dans l'étage de décantation, assuré principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites. Le curage est facilité en présence de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément. La floculation des boues est peu prononcée (lagune de décantation à surdimensionnée).

Le lagunage aéré se différencie des boues activées par l'absence de maintien d'une concentration fixée de micro-organismes (pas de recirculation). Cela conduit à prévoir des temps de séjour plus longs, plus favorables à une bonne adaptation du système aux variations de qualité de l'effluent à traiter. Ce procédé a un bon comportement vis-à-vis des effluents dilués ou si les débits ne sont pas bien équilibrés (**Achouri, 2003**).

Il existe deux formes de lagunage aéré :

III.3.2.1. Lagunage aéré strictement aérobie

il faut une aération suffisante pour maintenir le bassin en aérobiose et l'ensemble des particules en suspension.

III.3.2.2. Lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif

il y a formation de dépôt qui évolue en milieu anaérobie Le premier cas est très peu utilisé car il est grand consommateur d'énergie.

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

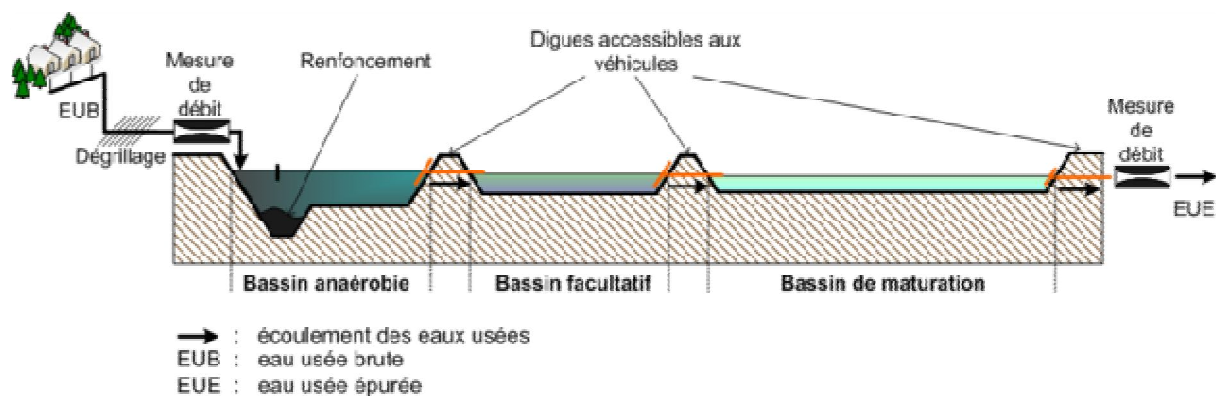


Figure III.9. Schéma général de lagunage.

III.3.3. Classification des lagunes

Il y a plusieurs type des bassins de lagunage sont classés en fonction de l'environnement biologique prédominant existe ou selon leur type de végétation.

III.3.3.1. Classification en fonction de l'environnement biologique

En fonction de l'environnement biologique on distingue les types de lagune suivent :

III.3.3.1.1. Lagune aérobie

Les étangs aérobies servent à accélérer la décomposition des matières organiques par les bactéries aérobies et facultatives, et favoriser la croissance des algues pour éventuellement produire des protéines. Dans ce type de bassins, la profondeur est très faible (0.2 à 0.5m) afin de permettre à la lumière du soleil de pénétrer dans toute la profondeur et d'avoir de l'oxygène dissous dans toute colonne d'eau. L'utilisation des étangs aérobies se limite généralement aux régions ensoleillées et chaudes, là où il n'y a aucun risque de couverture glacée (L'UNESCO, 2008).

III.3.3.1.2. Lagune anaérobie

Les lagunes anaérobies sont utilisées en tête d'installation dans le cas d'un effluent concentré, qui en plus d'une décantation primaire, sont le siège d'un traitement bactérien anaérobie d'autant plus efficace que la température est élevée (Achouri, 2003).

La lagune anaérobie bassin profond (profondeur de l'ordre de 3 à 4 m) dans lequel s'établit un processus de fermentation anaérobie allant jusqu'à la méthanisation et entraînant un abattement partiel de la matière organique soluble. Le temps de séjour de l'eau y est de l'ordre de 3 à 10 jours sous nos climats selon les objectifs (**Racault, 1997**).

III.3.4.3.3. Lagune facultative

La lagune facultative est un bassin peu profond (1 à 1,5 m localement) comportant une zone anaérobie en fond de bassin et une zone aérobie en surface dont l'épaisseur varie en fonction des conditions météorologiques et suivant la saison. Le temps de séjour est de 15 à 30 jours (**Racault, 1997**).

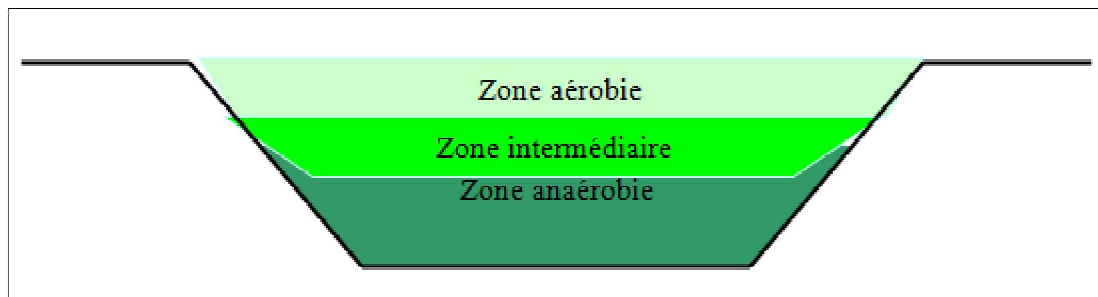


Figure III.10.Schéma de lagune facultative.

III.3.3.1.4. Lagune de maturation

La lagune de maturation concerne un bassin peu profond (environ 1 m) où la faible charge organique appliquée permet, en période diurne, l'établissement d'une zone aérobie couvrant une large fraction de la hauteur d'eau. L'objectif de cette lagune est de détruire les microorganismes pathogènes. Leur temps de séjour varie entre 4 à 12 jours (**Racault, 1997**).

III.3.3.2. Classification selon les types de végétation

On peut classer les lagunes selon leur type de végétation a :

III.3.3.2.1. Lagune à microphytes

Ce sont des bassins à biomasse végétale constituée par des algues microscopiques nommées des **phytoplanctons** ces algues bleues, vertes ou brunes produisent l'oxygène dissous O_2 , leur peuplement varie en fonction de plusieurs facteurs, tels que la profondeur de l'eau, la température, la charge organique, etc. Ce type de bassin est caractérisé par une faible profondeur et un long temps de séjour (**Achouri, 2003**).

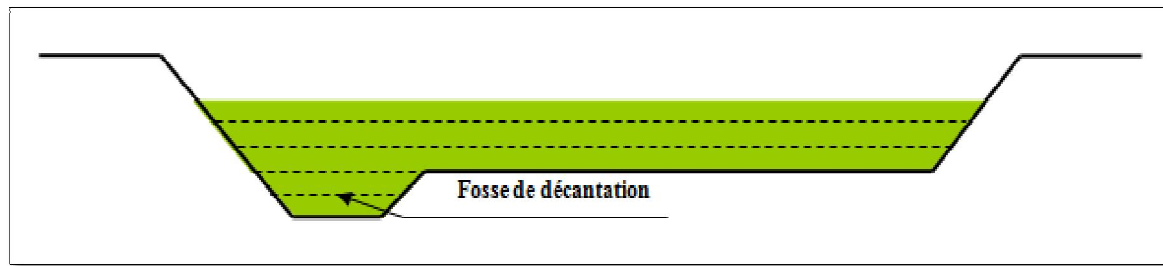


Figure III.11.Schéma de lagunes microphytes.

III.3.3.2.2. Lagunes à macrophytes

Les lagunes à macrophytes se situent généralement en position finale d'un système d'épuration par lagunage. Il est caractérisé par la présence de plantes visibles à l'œil nu, il est constitué de plantes immergées ou émergées, enracinées ou non telles que les roseaux, les massettes, les joncs, les scirpes, les laïches, les lentilles d'eau ou les jacinthes d'eau... Les bassins sont alors généralement de plus faible surface et moins profond (0,6 à 0,8 m) où la charge polluante est plus faible.

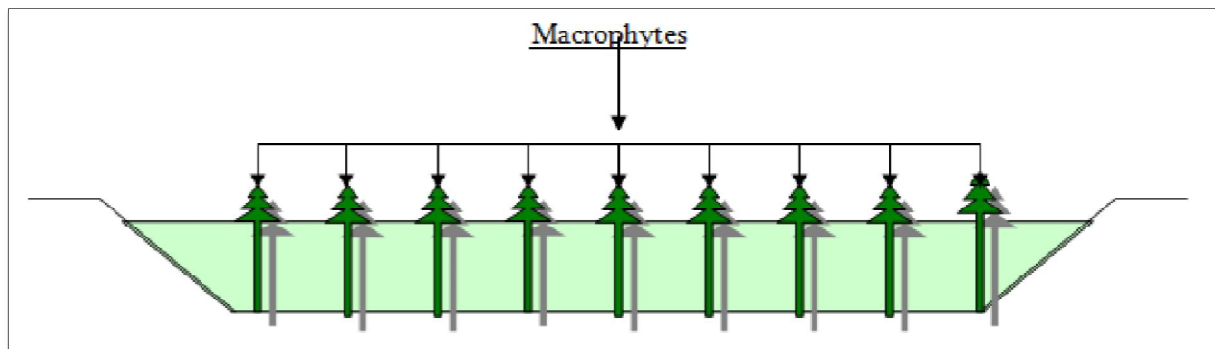


Figure III.12.Schéma de lagunes macrophytes.

III.3.3.2.3. Lagunes composites (mixte)

Ce type des bassins fait associer une partie composée des microphytes et une partie plantée en macrophytes, pour pouvoir assurer un faucardage régulier des végétaux il faut bien dimensionner, aménager et localiser les zones de plantées (Achouri, 2003).

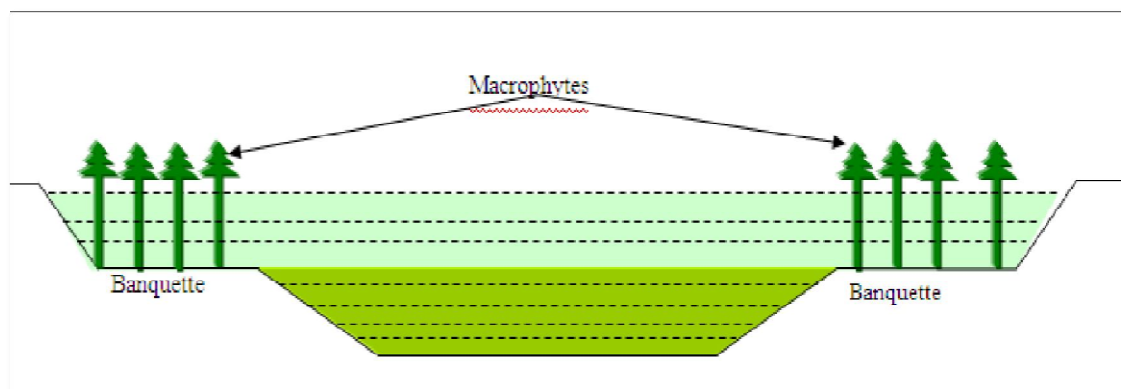


Figure III.13.Schéma de lagunes composites (mixte).

III.3.4. Dysfonctionnement du lagunage aéré et remèdes possibles

Un suivi technique plus approfondi permettra de bien cerner les causes de dysfonctionnement et donc de déterminer les solutions les mieux adaptées. Le tableau suivant fournit une aide au diagnostic et résume les remèdes possibles.

Tableau III.7. Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel.

Phénomènes observés	Causes	Remèdes possibles
-Odeurs quasi permanentes; -Couleur grise ou rose;	-Surcharges permanents	Augmentation de capacité
-Virage rose. -Odeurs en été ou début automne.	Surcharge saisonnière	-Prétraitement pendant la période de surcharge -Mise en place d'un traitement primaire -Augmentation de capacité
- Prolifération de lentilles (grave à partir 2 / 3 de couverture)	- Faible charge - Faible vent	- Traitement préventif * chimique * sédentarisation de canards
- Odeurs localisées perceptibles en été	- Mauvaise entretien du dégraisseur ou du piège à flottants - Forte accumulation de boues en tête de bassin	-Extraire plus fréquemment les graisses -Extraire 1 ou 2 fois par an les boues en tête du bassin
Bassins vides -Remplissage difficile -Pas de débit en sortie -Baisse notable du niveau en période sèche	-Infiltrations dues à une étanchéité insuffisante -Interaction avec la nappe phréatique -Présence récupérée d'un ancien drainage	-Réaliser une étude de sol sérieuse. -Respecter une marge de 20 cm au moins entre le niveau le plus bas du terrassement et le niveau haut de la nappe en sous-sol -Imperméabiliser le fond des bassins (argile, géomembrane,...) -Ajouter un apport d'eau claire .
-Dégradation des berges	-Erosion due à l'absence de gazon	-Ne pas utiliser de désherbants pour l'entretien des berges.

III.3.5. Avantages et inconvénients du lagunage aéré

Tableau.III.6. Avantages et Inconvénients du lagunage.

Avantages	Inconvénients
• Fiabilité et facilité d'exploitation. • Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants. • Investissement modéré si l'on dispose de surfaces en terrains importantes dont la nature, la structure et la topographie sont adaptées. • Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	• Nécessité de surfaces importantes en terrains. • Contraintes de sous-sol : terrains imperméables (protection de la nappe). • Risques de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies). • Curage périodique indispensable.

III.3.6. Contraintes d'exploitation

- Contraintes de la nature du sol et d'étanchéité.
- Faucardage des roseaux tous les ans (hiver), s'ils sont présents.
- Passage de l'exploitant une à deux fois par semaine.
- Matière en suspension importante en rejet (organismes planctoniques) problématique pour de petits milieux récepteurs.
- Curage contraignant et coûteux des boues tous les 1 à 5 ans dans le bassin de tête, tous les 10 à 20 ans dans tous les bassins.

III.3.7. Conclusion

A partir d'une eau usée et grâce aux procédés de l'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme des eaux de qualités différentes. Il y a plusieurs procédés de traitements des eaux usées qui sont très différents au principe de fonctionnement, mais tout fait le même objectif de protéger le milieu récepteur par réduire les concentrations de toutes les charges polluantes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

Le système d'épuration des eaux usées par lagunage aéré est d'une grande simplicité, lorsque les terrains nécessaires sont disponibles, l'établissement d'un ensemble des bassins de stabilisation présente des nombreux avantages, par rapport à une station conventionnelle, le processus biologique d'épuration par lagunage dépend de plusieurs facteurs (température, vent éclaircissement,..., etc), et le non contrôle de ces facteurs d'épuration et leurs variations dans le temps rend la qualité d'épuration variable suivant la saison.

CHAPITRE IV

*Présentation de la station de
Hassani Abdelkrim*

IV.1. Introduction

Dans la wilaya d'El oued, il existe quatre stations d'épuration par lagunage aéré (STEP 01, STEP 02, STEP 03, STEP 04) ont été réalisées par la société allemande **Dywidag** pour le compte de l'ONA. Ces stations ont été raccordées à un réseau, Parmi ces dernières, la station de Hassani Abdelkrim qui a été dimensionnée pour desservir les communautés de : Debila, Hassani Abdelkrim, Guemmar et Teghzout. La station d'épuration de HASSANI ABDELKRIM est de type lagunage aéré.

La population totale de ces communiâtes actuellement d'environ 139772 habitants. La pleine capacité de la station d'épuration sera atteinte en 2030.

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après :

- Prétraitement avec dégrilleur et dessableur longitudinal .
- Bassin d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées parallèles) .
- Bassin d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées parallèles) .
- Lagune de traitement de finition (3 lagunes de post-traitement parallèles) .
- Traitement des boues (10 lits de séchage des boues).

IV.2. Présentation de la station

La station d'épuration des eaux usées n° 2 à Oued Souf est celle de type lagunage aéré. Qui est composée de six lagunes aérées réparties en deux étages de traitement et de trois lagunes de finition (3ème étage), d'un ouvrage de prétraitement (Dégrillage, dessablage), de 10 lits de séchage des boues d'épuration et de bâtiments d'exploitation, ainsi que des équipements hydromécaniques et électriques montés.

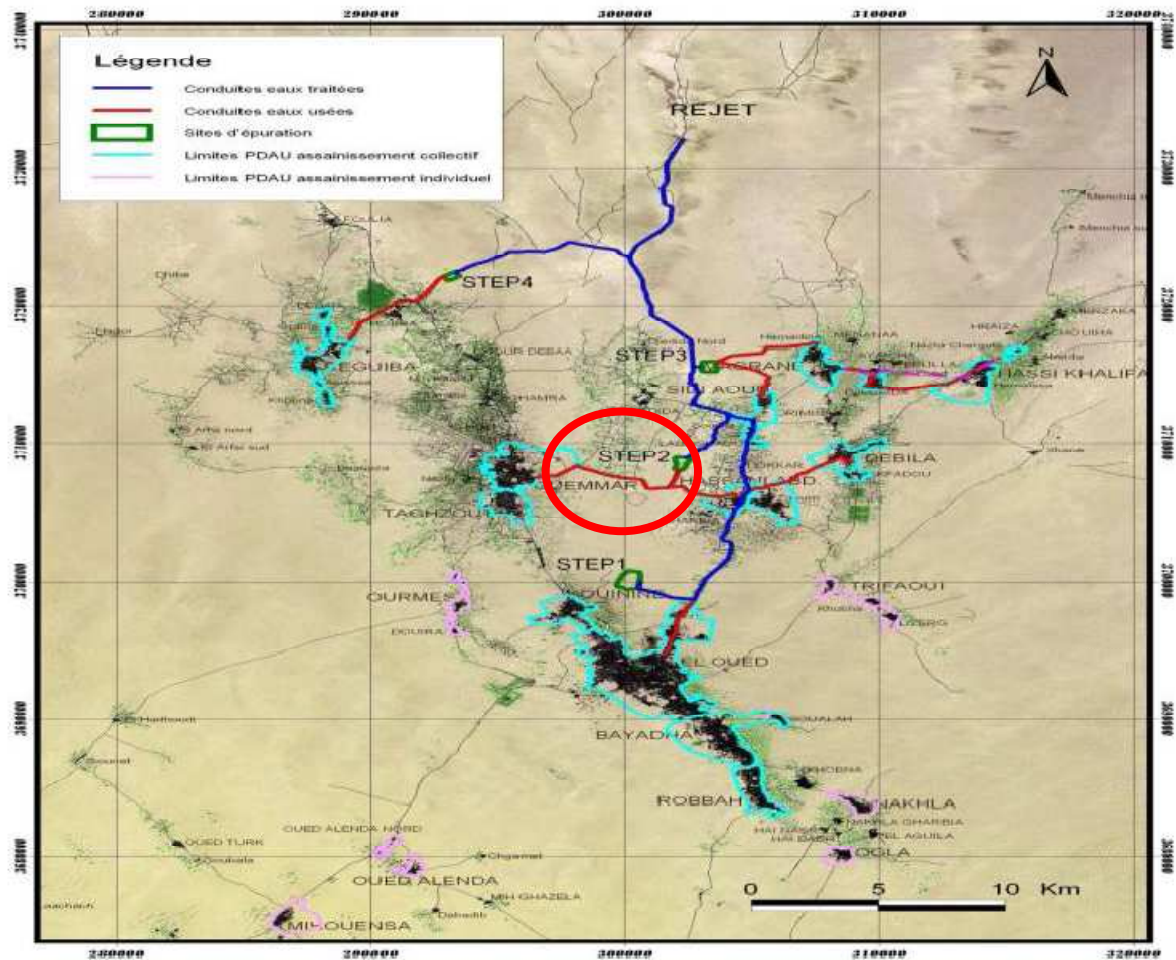


Photo IV.1.Schéma directeur du réseau d'assainissement en Souf (ONA, 2015).

Notre étude permettra notamment de déterminer le pouvoir épurateur physico-chimique et biologique des eaux usées des villes de Guémar, Taghzout, Hassani Abdelkerim et Debila par la station d'épuration de Hassani Abdelkrim nommée (STEP 2).

Cette station occupe une superficie de l'ordre de 20 hectares environs, permet de répondre aux besoins fonciers.

La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle, orienté sud – nord, dont les dimensions sont :

- longueur : 570 à 515 m.
- largeur : 370 m.

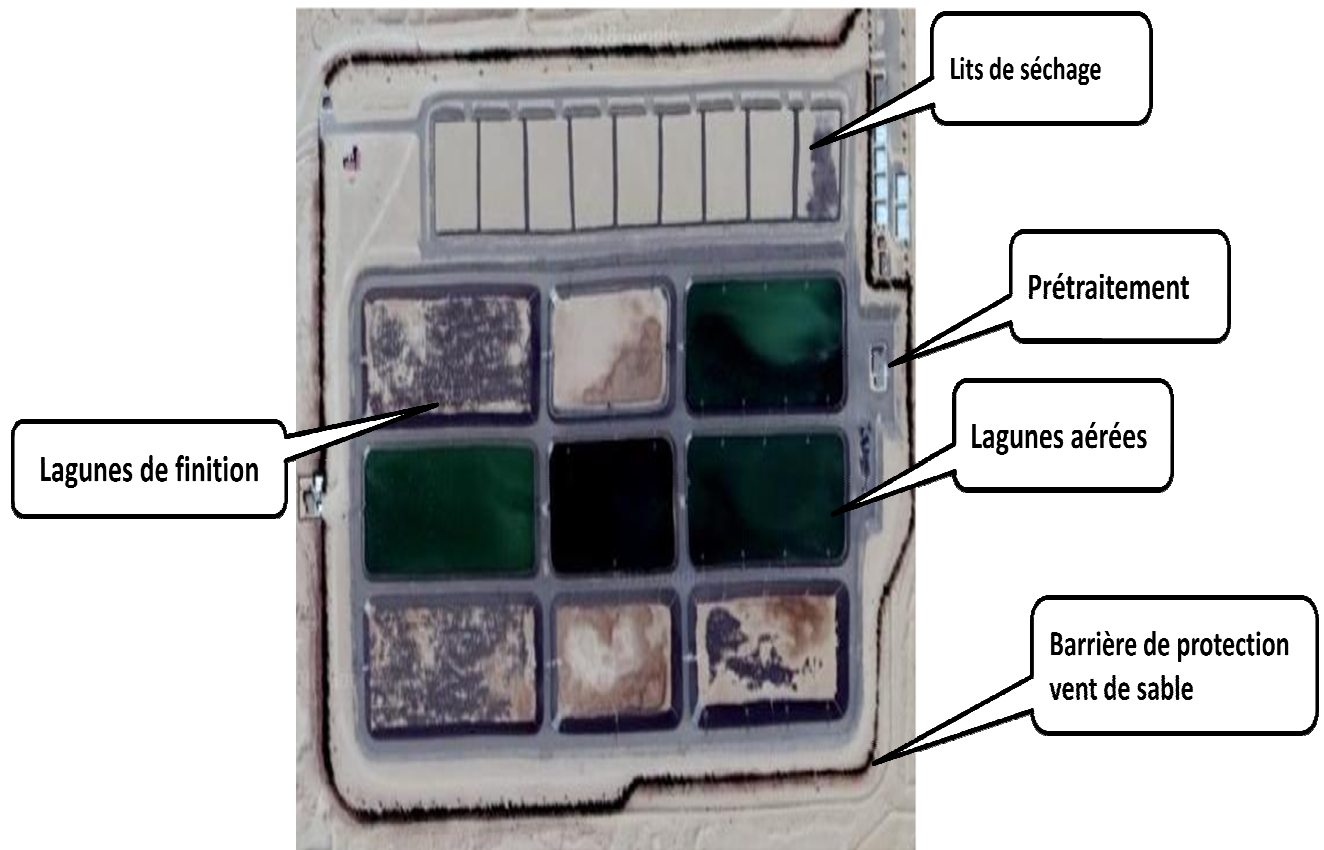


Photo IV.2.Image générale de la station d'épuration (HASSANI ABDELKRIM).

IV.3. Principe de fonctionnement de la STEP

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après :

- ✓ Prétraitement avec dégrilleur et dessableur longitudinal.
- ✓ Bassin d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- ✓ Bassin d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- ✓ Lagune de traitement de finition (3 lagunes de post-traitement parallèles).
- ✓ Traitement des boues (10 lits de séchage des boues).

IV.3.1. Prétraitement de l'eau usée

IV.3.1.1. Dégrillage

Construit en béton, avec deux chambres et dégrilleur grossier dans le courant principal de l'eau usée ainsi qu'une chambre pour le by-pass de secours lors des pannes du dégrilleur.

Les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments le plus grossiers, après les grilles nettoyer par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau d'eau en amont et en aval sur la grille.

Une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à débris.



Photo IV.3.Dégrillage (station de Hassani Abdelkrim).

IV.3.1.2. Dessablage

Construit en béton, avec trois chambres. Dans cette zone, le sable contenu dans l'eau usée est décanté grâce à la force gravitaire. Ces particules sont ensuite aspirées par un pont racleur avec moteur électrique et des pompes d'aspiration avec suspension flexible, le mélange sable eau s'écoule par les conduites en acier du pont racleur vers le conduit en acier, monté sur la paroi extérieure de dessableur et puis vers le classificateur à sable pour la déshydratation.



Photo IV.4.Dessableur (station de Hassani Abdelkrim).

IV.3.1.3. Mesure du niveau d'eau et échantillonneur

A .Débit mètre : pour une mesure continue du débit de l'eau usée d'entrée, le système de mesure comprend un canal du type venturi et un transmetteur du niveau à ultrasons est installé derrière le dessableur longitudinal.

B .Préleveur : à proximité directe du canal venturi, un échantillonneur fonctionnant manuelle pour l'échantillonnage ponctuelle et automatiquement proportionnellement à la quantité et à temps intégré, ce dispositif assure dans une période de 24 heures un mélange de jour représentatif pour l'entrée de la station de lagunage, on a autre préleveur à la sortie.

IV.3.2. Partie biologique du traitement d'eau usée

IV.3.2.1. Lagunes aérées-première étape (A_1 , A_2 et A_3)

Suite à l'alignement des vannes des conduites du répartiteur, l'eau usée à traiter biologiquement s'écoule par les conduites et répartie de manière homogène. Le traitement biologique d'eau usée consistant des trois lagunes aérées (A_1 , A_2 et A_3) de la même taille et conception, ainsi que les conditions de processus de base. Pour assurer une réduction efficace

de la pollution biologique (DBO_5) et chimique (DCO) à l'intervention des micro-organismes et l'oxygénation que fournir par 08 aérateurs dans chaque lagune, pour attendre dégradation de la pollution organique 75%. Selon le bilan global suivant :



Photo IV.5.Lagune aérée (station de Hassani Abdelkrim).

IV.3.2.2. Lagunes aérées-deuxième étape (B_1 , B_2 et B_3)

Le fonctionnement de la deuxième étape d'aération est identique à la première. Mais pour la dégradation de la charge restante 25% par 03 pièces d'aérateurs ont été installées dans chaque lagune.

IV.3.2.3. Lagunes de finition (F_1 , F_2 et F_3)

Les lagunes de finition ont été conçues et construites selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2.

Les lagunes de finition ou de traitement final, ont été construites pour améliorer la qualité de l'eau usée traitée biologiquement, la majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes de l'étape 1 et 2. Voilà pourquoi, le dépôt des boues dans les lagunes de traitement de finition augmente juste lentement. Les écarts de temps jusqu'au raclage des boues peuvent ainsi être prolongés par rapport aux lagunes aérées. Selon une estimation approximative, on peut assumer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire.

IV.3.3. Décharge des boues

IV.3.3.1. Lits de séchage des boues

On a construit 10 lits de séchage en ligne en sont remplis des graviers de granulométrie unique (gravier concassé Ø50) enveloppés par un Géotextile couverts par un sable comme couche de couverture. Conçues comme bâches terrestres avec revêtement en feuille, tuyaux de drainage pour la déshydratation et des rampes d'accès pour la décharge de la boue sèche.

Pour le raclage de la boue déposée au fonds des lagunes d'eau usée, un racleur de boue nommé radeau de curage avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une canalisation flexible vers les lits de séchage.

La boue stockée dans les lits de séchage est déshydratée dans les conditions naturelles. Dans les conditions climatiques locales on peut assumer un temps de séjour d'environ 13-22 jours. Ainsi, on atteint un taux de la matière sèche de 400-450 Kg/m³.



Photo IV.6.Lits de séchage des boues (station de Hassani Abdelkrim).

IV.4. Dimension des ouvrages

IV.4.1. Prétraitement

Dégrillage

▪ *Ouvrage*

- Nombre des canaux principaux du dégrilleur automatique : 2 pièces
- Nombre des canaux de circulation du manuel : 1 pièce
- Largeur- chambre du dégrilleur : 1.2 m
- Profondeur- chambre du dégrilleur : 1.5 m
- Longueur –chambre du dégrilleur : 3.7 m

▪ *Dégrilleur à contre –courant*

- Marque : Emo
- Largeur de grille : 1.09 m
- Hauteur de grille : 4.6 m
- Espacement entre barreaux : 15 mm
- Epaisseur des barreaux : 10 mm

Profondeur d'eau au canal de dégrillage :
 Devant de grille/derrière la grille : 1.88/1.8 m

▪ *Commande de montée-décente –Moteur-réducteur*

Marque : NORO
 Puissance moteur : 0.56 kW

▪ *Réglage du râteau*

Type : Mécanique
 Raccordement : Cable métallique

▪ *Presse à tamis hélicoïdal*

- Marque : STI
- Débit du refus de dégrillage : 5.00 m³/h
- Largeur –auge de transport : 260 mm
- Hauteur –auge de transport : 300 mm
- Longueur –auge de transport : 4.140 mm
- Diamètre extérieur de vis : 210 mm
- Diamètre intérieur de vis : 70 mm
- Epaisseur du matériau de vis : 15 mm
- Angle de montage : 5 degré
- Couple de vis : 15 Upm

▪ **Mesure du débit d'eau et échantillonnage**

Ouvrage

- Largeur du collecteur : B = 0.650 m
- Profondeur du collecteur : T = 0.750 m
- Longueur pour l'installation du canal venturi : L = 2.161 m

Mesure du débit d'eau

Canal venturi

- Marque : AQUALYSE
- Débit d'eau usée : Q max 1.621 m³/h
- Rétrécissement : 0.35 m
- Hauteur des parois latérales : 0.705 m
- Largeur des parois latérales : 0.30 m
- Longueur des parois latérales : 7.229 m
- Matériau : Résine Polyester armée

Capteur à ultrasons

- Marque : Endress +Hauser
- Plage de mesure : 00 – 0.705 mm
- Température d'environnement et ambiante : - 40+80 °C
- Fréquence de service : 50 kHz
- Alimentation : 24 V DC
- Boîtier de protection : Acier inoxydable 340
- Matériaux :
- Boîtier : PP-GF
- Folie : Acier inoxydable
- Étanchéité membrane : EPDM

❖ **Transducteur de mesure à ultrasons**

- Marque : Endress +Hauser
- Entrée : impulsion à ultrason
- Sortie : Analogique 4.-20mA
- Température ambiante : -20 +60 °C
- Alimentation : 230 V/50 Hz
- Boîtier de protection : IP 66
- Matériaux-corps du boîtier : PC/ABS

❖ *Echantillonneur automatique*

- Marque : Enress+Hauser
- Volume d'échantillon : 20...200 ml (réglable)
- Précision de dosage : 4 % de la quantité réglée
- Plage de dosage maximale : 30 m
- Température ambiante admissible : -20...+40°C
- Température de stockage admissible : +5...+40°C
- Alimentation : 230 VAC/50 Hz
- Puissance : 0.35 kW
- Matériaux :-cuve de stockage : PMMA
- Cuve de collection /Bouteilles : PE
- Boitier : Acier inoxydable

Répartiteur d'eau usée (RP_1, RP_2, RP_3)❖ *Vanne sur la conduite du déversoir*

- Marque : ORBINOX
- Etanchéité à l'eau : au sens d'écoulement
- Dimensions :
 - Largeur : 3.1 m
 - Hauteur : 2.1 m
 - Profondeur d'installation : 2.1 m
- Fonction : Ouverture /Fermeture
- Service : par volant à main
- Matériaux :-Plaque de vanne, cadre et tige : Acier inoxydable 340 L
- Joint : NBR

IV.4.2. Lagunes d'aération (premier étage) A_1, A_2, A_3 ***Ouvrage***

- Nombre de lagunes : 3 pièces
- Dimensions :-Longueur : 3.11 m
 - Largeur : 1.59 m
 - Profondeur de bassin :
 - *Coté entrée : 4.50 m
 - *Coté sortie : 4.20 m
 - Profondeur d'eau : 3.60 m
 - Volume de lagune : 28574 m³
 - Volume des trois lagunes : 85722 m³

✓ Conduite d'entrée	:	DN 600
✓ Entrée d'eau en moyen	:	497.6 m ³ /h
✓ Nombre d'aérateurs par lagune	:	8 pièces
✓ Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes	:	6 jours
✓ Demande en oxygène spécifique	:	1.5Kg O ₂ /Kg DBO ₅
✓ Matériaux	:	
-1 ^{er} couche	:	Géotextile p50
-2 ^{ieme} couche	:	Géogrille
-3 ^{ieme} couche	:	Géomembrane bitumineuse

Aérateurs de surface flottante

➤ Marque	:	Fuchs, Allemagne
➤ Type	:	OS 15.0
➤ Entrant d'oxygène spécifique	:	0.9...1.05 KgO ₂ /kW
➤ Dimension d'aérateur : -Longueur totale	:	2.40 m
-Profondeur d'immersion	:	1.20 mm
-Puissance moteur	:	11kW
-Tension/Fréquence	:	400 V/50 Hz
-Protection/Isolement	:	IP 65/F

❖ Batardeaux

- Marque	:	IBS, Allemagne
- Dimensions des batardeaux	:	3.1x1.58x1.00 m
- Hauteur d'eau maximale devant batardeaux	:	0.9 m
- Matériaux :-Profile	:	Al Mg Si 05F25
- Cadre de guidage	:	Acier inoxydable 1.4301

IV.4.3. Lagunes d'aération (Deuxième étage) B1, B2, B3

Ouvrage

➤ Dimension (Surface d'eau)		
Longueur	:	115 m
Largeur	:	66 m
Profondeur de l'eau	:	2.9 m
Volume par lagune	:	19091 m ³ /lagune
Volume des lagunes-total	:	57273 m ³

- Entrée d'eau en moyen
- Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes : 4 j
- Nombre d'aérateurs par lagune : 6 pièces

IV.4.4. Lagunes de finition F1,F2, F3

Ouvrage

- Dimension (Surface d'eau)
 - Longueur : 154 m
 - Largeur : 66 m
 - Profondeur du bassin : 2.5 m
 - Coté entrée : 3.5 m
 - Coté sortie : 2.5 m
 - profondeur de l'eau : 1.50 m
 - Volume par lagune : 14272 m³/ lagune
 - Volume des lagunes-total : 42816 m³

IV.4.5. Racleur des boues de lagune

- Marque : PAIS, Portugal
- Dimensions :
 - Longueur : 5.10 mm
 - Largeur : 3.1 mm
 - Hauteur : 0.80 m
- Poids : 1800 Kg
- Nombre de pontons latéraux : 2 pièces
- Nombre de pontons de stabilisation : 6 pièce
- Matériau : Aluminum + bois

IV.4.6. Lits de séchage des boues

- Nombre de lits de séchage : 10 pièces
- Dimensions totales : 397m x 61.4 m
 - Longueur de fond : 48.5 m
 - Largeur de fond : 32.5 m
 - Profondeur des boues maximale : 0.40 m
 - Hauteur de la couche des graviers : 0.7 m
- Volume effectif des lits de séchage-
 - Par lit : environ 1550 m³
 - Total : environ 15500 m³

- Diamètre des tuyaux de drainage : DN200
- Marque : ITP, Algerie
- Nombre de pompes : 2 pièces
- Débit de refoulement : 22 m³/h
- Hauteur de refoulement : 12 m
- Couple de rotation : 2500 tr/min
- Puissance nominale du moteur : 1.8 kW
- Tension/Fréquence : 400 V/50 Hz
- Protection/ Isolement : IP68/F
- Manchon de refoulement : DN60/PN 16
- Matériaux :
 - Boitier et enveloppe intermédiaire : fonte ductile GG40 (JL 1040)
 - Arbre : Acier inoxydable 1.4021
 - Joints : Perbunan (NBR)
 - Etanchéité d'arbre : garniture mécanique SiC/SiC

IV.5. Les données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute

La station d'épuration de HASSANI ABDELKERIM a été dimensionnée sur les bases de données suivantes :

Total-Equivalent habitant en 2015	:	79620 EH
Habitants raccordés	:	39700 EH

Débits d'eau usée

▪ Débit journalier	:	11943 m ³ /j
▪ Moyen horaire	:	497.6 m ³ /h
▪ DBO ₅ -concentration dans l'eau usée	:	250 mg/l
▪ DCO-concentration dans l'eau usée	:	500 mg/l
▪ MES matière en suspension dans l'eau usée	:	361 mg/l
▪ Charge organique par jour DBO ₅	:	3583 Kg/j
▪ Charge quotidienne en DCO	:	7166 Kg/j
▪ Matière en suspension par jour	:	5175 Kg/j

Les paramètres suivants pour l'eau usée traitée sont à accepter à la sortie de l'installation :

➤ DBO ₅ - concentration	:	40 mg/l
➤ DCO-concentration	:	125 mg/l
➤ Matière en suspension	:	40 mg/l
➤ Critères microbiologiques	:	... mois de 1oeuf d'helm/l

Nb : helminthes c'est un parasite

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné des informations sur tous les ouvrages formant le système d'épuration ainsi que leur chaîne de fonctionnement, en se basant sur l'estimation du nombre d'habitant et l'augmentation des débits des eaux usées évacuées.

Nous avons détaillé la conception tous les équipements formant le système d'épuration, et on a insisté également sur dimensionnement, la capacité et le fonctionnement de ces ouvrages.

CHAPITRE V

Procédure Expérimentale

V.1. Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination du pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. , nous allons identifier les principaux analyses fait sur les échantillons des eaux usées pour connu les caractéristiques de ces eaux, et nous avons défini les différents appareils utilisés.

V.2. But principal

Le but principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées assurées au niveau de la station d'épuration de HASSANI ABDELKRIM pour connaître les paramètres de ces eaux usées, et savoir est ce que le système de lagunage aéré convenable pour ce type des eaux usées.

V.3. Prélèvement et échantillonnage

Cette étape nécessite des précautions particulières. Elle conditionne les résultats d'analyses et donc les conclusions de démarches techniques et scientifiques.

Pour les différentes étapes d'une opération d'échantillonnage : l'homogénéisation mécanique, la nature et le nettoyage des matériaux spécifiques, les blancs de prélèvement, l'utilisation d'échantillonneurs automatiques déjà en place.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Les objectifs de cette étape sont:

- Assurer la représentativité de l'échantillonnage.
- Préserver l'intégrité de l'échantillon et éviter les contaminations.
- Assurer la fiabilité de l'opération et réduire les aléas.
- Assurer la comparabilité des résultats dans le temps et l'espace.
- Diminuer au maximum les erreurs et les incertitudes.

V.4. Matériels et méthodes d'analyses

V.4.1. Paramètres étudiés

Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées à l'entrée et sortie de la station, les paramètres considérés sont les suivants :

- Température et le potentiel hydrique (pH) de l'eau.
- La conductivité électrique.
- L'oxygène dissous.
- Les matières en suspension (MES).
- Demande biochimique en oxygène (DBO₅).
- Demande chimique en oxygène (DCO).

V.4.2. Détermination du pH et de la Température

A. Principe

La température influence sur la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines.

Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans l'eau ou les solutions.

B. L'appareil utilisé : PH mètre(Sensi ON 1).



Photo V.1.pH mètre (Sensi ON 1)-(ONA.2018).

C. Mode Opérateur

- Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser.
- Allumer le pH mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Tremper l'électrode de pile dans la solution tampon pH=7.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

Etalonner dans la même manière avec les solutions tampon pH =10 ou pH = 4.

D. Expression des résultants : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.

V.4.3. Détermination de conductivité électrique**A. Principe**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique, elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

B . L'appareil utilisé : Conductimètre (Sensi ON 5).

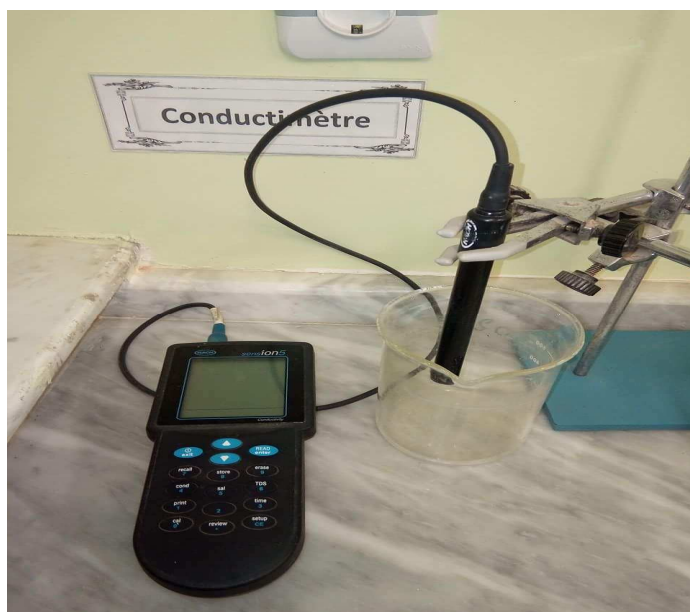


Photo V.2.Conductimètre (Sensi ON 5)-(ONA.2018) .

C. Mode opératoire

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

D. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil en milli-siemens par centimètre(mS/cm).

V.4.4. Détermination de l'oxygène dissous**A. Principe**

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux.

B. L'appareil utilisé : Oxy-mètre (LDO HQ 30d).



Photo V.3.Oxy-mètre (LDO HQ 30d)-(ONA.2018).

C. Mode opératoire

- Allumer l'oxymétrie.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment.
- Lire la concentration de l'oxygène dissous.
- Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée.

D. Expression des résultants: Le résultat est donné directement en mg/l.

V.4. 5. Détermination des matières en suspension (MES)**A. Principe**

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.

B. Matériel utilise

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm .
- Rampe de filtration sous vide .
- Pompe à vide .
- Etuve chauffé (105°C).
- Balance (0.001 g de précision).
- Le dessiccateur.

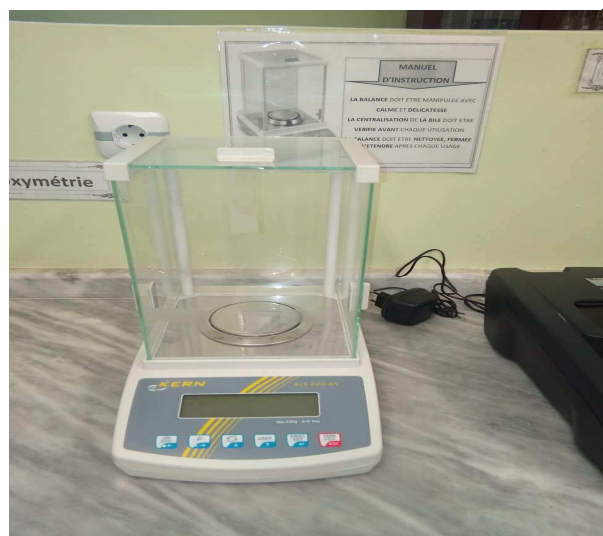


Photo V.4.Balance électrique (KERN).

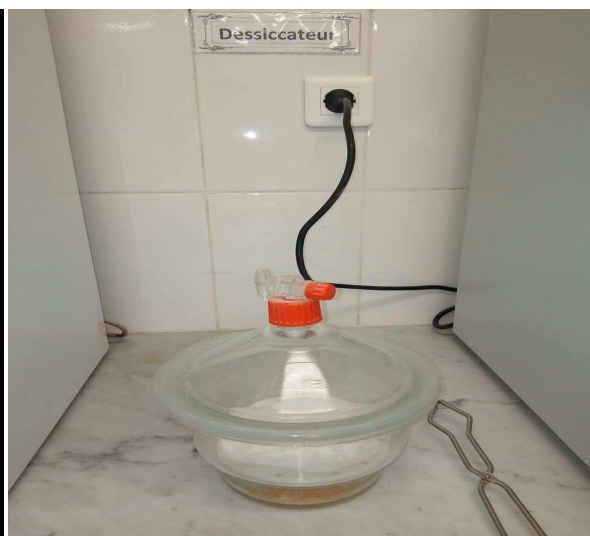


Photo V.5.Dessiccateur-(ONA.2018).

**Photo V.6.** Etuve chauffée-(ONA.2018).**Photo V.7.** Ensemble de filtration.

C. Mode opératoire

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée .
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement.
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minute après l'étape précédent.
- Peser le filtre sur la balance (soit P_0 en mg).
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide.
- Filtrer un volume(V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée .
- Retirer avec précaution de filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités pltes.si nécessaire. Le filtre peut être pile .
- Placer le filtre dans l'étuve à $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant 2 heures .
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit P_i en mg).

D. Expression des résultats

On calcule la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (P_i - P_0 / V) * 1000$$

Ou: P_0 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg).

P_i : Poids du filtre sec après filtration (en mg).

$P_i - P_0$: Poids de la matière retenue par le filtre sec.

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

V.4.6. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

A. Principe

L'échantillon est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relié à manomètre à mercure. Lors de la biodégradation des matières organiques. Les micro organismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

B. Matériel utilise

- Réfrigérateur conservant à une température de 20C°.
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml.
- Barrou-magnétique.
- Pastilles de KOH.



Photo V.8.Réfrigérateur conservant)-(ONA.2018).

B. Mode opératoire

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de DBO.
- Mettre le volume (V) dans la bouteille de DBO.
- Mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille.
- Ajouté 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau a analysée.
- Fermé bien la bouteille par Oxito.
- Appuyer sur le bouton (S) et (M) au même temps jusqu'à l'affichage de (00).
- On introduit la bouteille dans un incubateur DBO mètre à 20 C°.
- **Expression des résultants:** Lecteur de la valeur après 5 jours.

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$

V.4.7. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

A. Principe

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium, ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et en présence de sulfate d'argent (Ag^+) comme catalyseurs d'oxydation et de sulfate de mercure (Hg^{2+}) permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit.

B. Matériel utilisé

- Thermo réacteur (LT 200).
- Spectrophotomètre (DR 2800).
- Réactifs : Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO).



Photo V.9. Spectrophotomètre



Photo V.10. Thermo réacteur (LT 200)

C. Mode opératoire

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension.
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à $148^{\circ}C$ dans le thermo réacteur portoir.
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).
- Ne pas refroidir à l'eau froide.

- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesurée est longtemps stable).

V.5. Conclusion

comme conclusion, on dit que le choix de la place appropriée de prélèvement des échantillons et leur conservation dans les conditions idéales jouent un rôle important dans les analyses pour obtenir des bons résultats. Donc, les analyses des paramètres polluantes sont nécessaires pour connaître le degré de pollution et son risque à l'aide des appareils à technologie moderne.

CHAPITRE VI

*Etude du fonctionnement de la
station de Hassani Abdelkerim*

VI.1. Introduction

L'analyse expérimentale permet d'identifier, et d'évaluer les différents paramètres de pollution d'une eau usée.

En effet si l'observation permet de détecter le mauvais fonctionnement d'une station ou d'un ouvrage, seul l'analyse et la mesure permettant de saisir les causes de ce mauvais fonctionnement et de mettre en œuvre les moyens adéquats d'y remédier.

Dans ce chapitre nous allons étudier le fonctionnement de la station d'épuration de hassani abdelkerim, d'une part, et d'autre part d'examiner le pouvoir épuratoire et de suivre l'efficacité d'élimination de différents paramètres de pollution (charge organique, oxygène dissous, conductivité ..., etc.) à la sortie de la station.

VI.2. Prélèvement et conservation des échantillons

Le prélèvement de l'échantillon et sa conservation conditionnent les résultats des analyses et l'interprétation qui en sera donnée, ainsi l'échantillon prélevé doit être homogène et représentatif de l'effluent, il convient donc que la quantité prélevée soit proportionnelle au débit d'eau usée.

Par ailleurs, l'échantillon prélevé doit être conservé dans des bonnes conditions, à défaut, ses caractéristiques subiront une transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse ce qui induit à une falsification des résultats.

Il est donc indispensable d'arrêter ou de ralentir toute évolution biologique, chimique ou physique qui peut avoir lieu entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Les modes de conservation sont donc donnés dans le tableau ci- dessous:

Tableau VI.1.méthode de conservation des échantillons échantillons(**SKOOG, HOLLER, NIEMAN, 2003**).

Type d'analyses	Technique ou produit à utiliser	Temps maximum de non évolution
▶ DCO	▶ 2ml/L H_2SO_4 Concentré	▶ 7 j
▶ DBO_5	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 6 h
▶ Acidité-	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 24 h
▶ calcium	▶ Pas de recommandation	▶ 24 h
▶ chlorures	▶ Pas de recommandation	▶ 7 j
▶ couleur	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 24 h
▶ Oxygène dissous	▶ A déterminer sur place	▶ ---
▶ fluorures	▶ Pas de recommandation	▶ 7 j
▶ dureté	▶ Pas de recommandation	▶ 24 h
▶ Métaux totaux	▶ 5ml/L de HNO_3 Concentré	▶ Plusieurs semaines
▶ Métaux dissous	▶ Filtrer et additionner 3ml/L de	▶ Plusieurs semaines
▶ Azote NH_4	▶ 40mg/L $HgCl_2$ ou réfrigération à	▶ 7 j
▶ Azote Kjeldahl	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Nitrite	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Nitrate	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Huile et graisse	▶ 2ml/L H_2SO_4 Concentré ou	▶ 24 h
▶ COT	▶ 2ml/l H_2SO_4 à PH 2	▶ 7 J
▶ Cyanures	▶ $HaOH$ jusqu'à PH = 10	▶ 24 h

Dans le cas de notre étude portant sur le calcul de performances de la station de lagunage aéré de HASSANI ABDELKERIM, des prélèvements, à l'entrée et la sortie de la station, ont été réalisés hebdomadairement à 10 heures durant les douze mois de l'année 2016 et par retour à l'archive de deux années (2015 et 2017) concernant les paramètres organiques.

Ces prélèvements ont été effectués dans des bouteilles en polyéthylène rincées préalablement avec de l'eau à analyser.

Il conviendrait de signaler que le nombre de prélèvement et la variabilité des paramètres analysés ont été conditionnés par les moyens dont dispose du laboratoire de l'ONA et par le temps consacré à la réalisation de cette étude.

VI.3.Paramètres à analyser

Les prélèvements sont réalisés au niveau des ouvrages de la station à l'entrée et à la sortie de la station, les paramètres que nous avons suivis sont : T° , pH, DBO_5 , DCO, O_2 , MES, Conductivité et le rapport DCO/ DBO_5 .

Pour les paramètres chimique pH, et physique température (T°C), les mesures ont été réalisées sur site, par contre l'analyse des autres paramètres effectuée au laboratoire de la station (laboratoire de l'O.N.A), tout en tenant compte du mode de conservation de l'échantillon (voir tableau VI.1).

VI.4. Normes relatives aux eaux usées

Pour une meilleure protection de l'environnement, aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet; qui sont données dans le tableau suivant:

Tableau VI.2. Les normes de rejets des eaux usées urbaines (**Journal officiel algérien**
N°41,2012)..

20

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41

25 Chaâbane 1433
15 juillet 2012

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $\alpha \cdot 3 \cdot \text{CE}$		0,2
	3 - 6		0,3
	6 - 12	ds/m	0,5
	12 - 20		1,3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8,5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20,0
	Arsenic	mg/l	2,0
	Béryllium	mg/l	0,5
	Bore	mg/l	2,0
	Cadmium	mg/l	0,05
	Chrome	mg/l	1,0
	Cobalt	mg/l	5,0
	Cuivre	mg/l	5,0
	Cyanures	mg/l	0,5
	Fluor	mg/l	15,0
	Fer	mg/l	20,0
	Phénols	mg/l	0,002
	Plomb	mg/l	10,0
	Lithium	mg/l	2,5
	Manganèse	mg/l	10,0
	Mercur	mg/l	0,01
	Molybdène	mg/l	0,05
	Nickel	mg/l	2,0
	Sélénium	mg/l	0,02
	Vanadium	mg/l	1,0
	Zinc	mg/l	10,0

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

Tableau VI.3. Les normes des eaux destinées à l'irrigation (MAROC – RAPPORT NATIONAL 2009)..

	PARAMETRES	VALEURS LIMITES
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES		
1	Coliformes fécaux	1000/100ml ³⁵
2	Salmonelle	Absence dans 5l
3	Vibrions Cholérique	Absence dans 450 ml
PARAMETRES PARASITOLOGIQUES		
4	Parasites pathogènes	Absence
5	Œufs, Kystes de parasites	Absence
6	Larves d'Ankylostomides	Absence
7	Fluococercaires de Schistosoma hoematobium	Absence
PARAMETRES TOXIQUES		
8	Mercure Hg mg/l	0,001
9	Cadmium Cd mg/l	0,01
10	Arsenic As mg/l	0,1
11	Chrome total mg/l	0,1
12	Plomb Pb mg/l	5
13	Cuivre Cu mg/l	0,2
14	Zinc Zn mg/l	2
15	Sélénium Se mg/l	0,02
16	Fluor F mg/l	1
17	Cyanures Cn mg/l	1
18	Phénols mg/l	3
19	Aluminium Al mg/l	5
20	Beryllium Be mg/l	0,1
21	Cobalt Co mg/l	0,05
22	Fer Fe mg/l	5
23	Lithium mg/l	2,5
24	Manganèse Mn mg/l	0,2
25	Molybdène Mo mg/l	0,01
26	Nickel Ni mg/l	0,2
27	Vanadium v mg/l	0,1

³⁵ 1.000 CF/100ml pour les cultures consommées crues

	PARAMETRES	VALEURS LIMITES
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES		
SALINITE		
28	Salinité totale (STD) mg/l ³⁶	7680
	Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C*	12
29	Infiltration le SAR** du = 0 – 3 et CE = 3 - 6 et CE = 6 - 12 et CE = 12 - 20 et CE = 20 - 40 et CE =	<0,2 <0,3 <0,5 <1,3 <3
IONS TOXIQUES (affectant les cultures sensibles)		
30	Sodium (Na) ▪ Irrigation de surface (SAR ³⁷) ▪ Irrigation par aspersion (mg/l)	9 69
31	Chlorures (Cl) ▪ Irrigation de surface (mg/l) ▪ Irrigation par aspersion (mg/l)	350 105
32	Bore (B) (mg/l)	3
EFFETS DIVERS (affectant les cultures sensibles)		
33	Température (°C)	35
34	pH	6,5 - 8,4
35	Matières en suspension mg/l ▪ Irrigation gravitaire ▪ Irrigation par aspersion et localisée	2000 100
36	Azote nitrique (N-NO ₃ ⁻) en mg/l)	30
37	Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) Irrigation par aspersion (mg/l)	518
38	Sulfates (SO ₄ ²⁻) en mg/l	250

³⁶ A partir d'une conductivité électrique de 3 mS/cm, une eau nécessite des restrictions sévères pour l'irrigation, mais des rendements de 50% du rendement potentiel peuvent être réalisés avec des eaux de 8.7 mS/cm (cas de l'orge).

³⁷ SAR = sodium absorption ratio (coefficient d'absorption du sodium) CE = conductivité électrique

VI.5. Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle

Les résultats des paramètres physico-chimiques analysés sont regroupés dans des tableaux, et nous présentons ensuite ces résultats sous forme des courbes.

VI.5.1. Variation mensuelle de la température

Les résultats de la variation de la température au cours de l'année 2016 sont présentés dans le tableau suivant et la figure.

Tableau VI.4. Variation mensuelle de la température (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
T°C (EE)*	14,45	13,17	16,98	21,93	25,9	27,5	27,7	30,49	28,84	25,07	19,11	15,34
T°C (EB)*	17,34	17,07	18,91	23,93	25,9	28,8	28,8	31,07	30,16	28,41	18,76	18,41

EB : eau brute, EE : eau épurée.

La température de l'eau conditionne le taux de la solubilité de l'O₂ et la formation de la biomasse bactérienne. Elle est essentiellement en relation avec la température de l'atmosphère.

À l'entrée de la station les températures enregistrées durant ce suivi oscillent entre 17,07 et 31,07° C et entre 13,17 et 30,49°C après épuration (année 2016). D'une façon générale, la température de l'eau pour le mois de Février était faible et elle est de l'ordre de 13,17°C.

Comparées aux normes qui fixent la valeur maximale de température à 30°C, nous avons pu observer que toutes les mesures sont conformes aux normes sauf le mois de août.

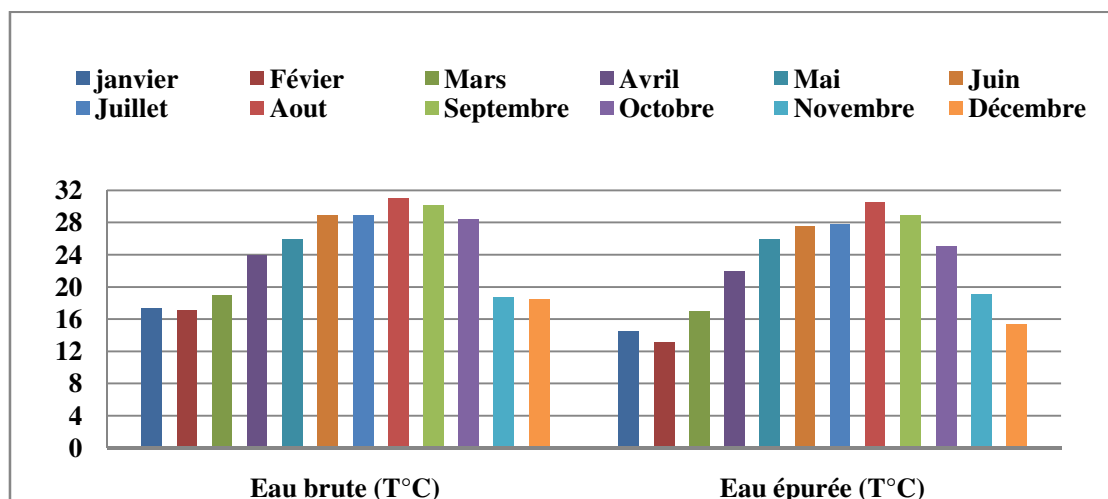


Figure VI.1. Courbe de la variation mensuelle de la température moyenne (2016).

VI.5.2. Variation mensuelle du pH

Les résultats de pH au cours de l'année 2016 sont illustrés dans le tableau et la figure:

Tableau VI.5. Variation mensuelle du pH des eaux usées (année 2016).

Mois (2016)	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
pH (EE)	7,69	7,59	8,11	7,51	7,96	7,68	7,70	7,85	7,92	7,89	7,72	7,89
pH(EB)	8,61	7,24	8,50	9,07	9,28	9,50	7,51	7,56	7,75	7,60	7,45	7,71

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique.

Les pH des eaux usées testées sont légèrement basiques et assez proches de la neutralité. La valeur de pH des eaux usées que ce soit brutes ou épurées varie entre 7,24 et 9,50.

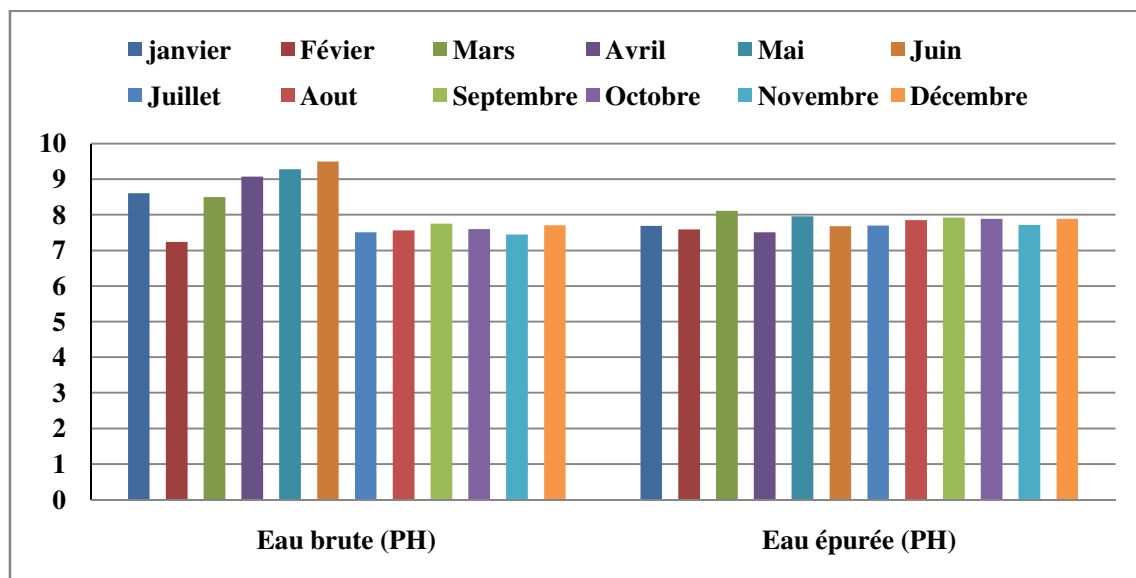


Figure VI.2. Variation mensuelle de pH (année 2016).

VI.5.3. Variation mensuelle de l'oxygène dissous

Les résultats de la variation de l'oxygène dissous au cours de l'année 2016 sont regroupés dans le tableau.

L'oxygène constitue un excellent indicateur de la qualité de l'eau. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau.

Tableau VI.6. Variation mensuelle de l'Oxygène dissous des eaux usées (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
O ₂ dissous (EE)mg/l	6,84	6,58	6,28	6,93	7,16	5,04	6,25	6,39	5,39	6,34	6,49	6,59
O ₂ dissous (EB)mg/l	0,27	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,19	0,26	0,25	0,21	0,21	0,21

L'évolution du paramètre oxygène dissous durant la durée d'étude et dans les deux sites d'étude (l'entrée et la sortie de la station) a montré :

À l'entrée de la station les résultats obtenus montrent que les teneurs en oxygène dissous sont très faibles (0.16 à 0.27). Par contre, des concentrations élevées entre 5.04 et 7.16 mg/l à la sortie de la station sont observées.

La diminution de l'oxygène dissous pour les eaux brutes est due à la consommation de ce dernier par les bactéries pour dégrader la forte charge organique présente à l'entrée de la station. De plus, la couleur de l'eau indique également le faible développement de la biomasse algal qui libère de l'oxygène par le mécanisme de la photosynthèse.

Alors que, l'augmentation de ce paramètre pour les eaux épurées résulte de la diminution des matières organiques, à la faible température de l'eau et au mouvement du vent qui entraîne un brassage des eaux.

Les résultats relatifs à la variation de l'oxygène dissous sont représentés sur la figure suivant:

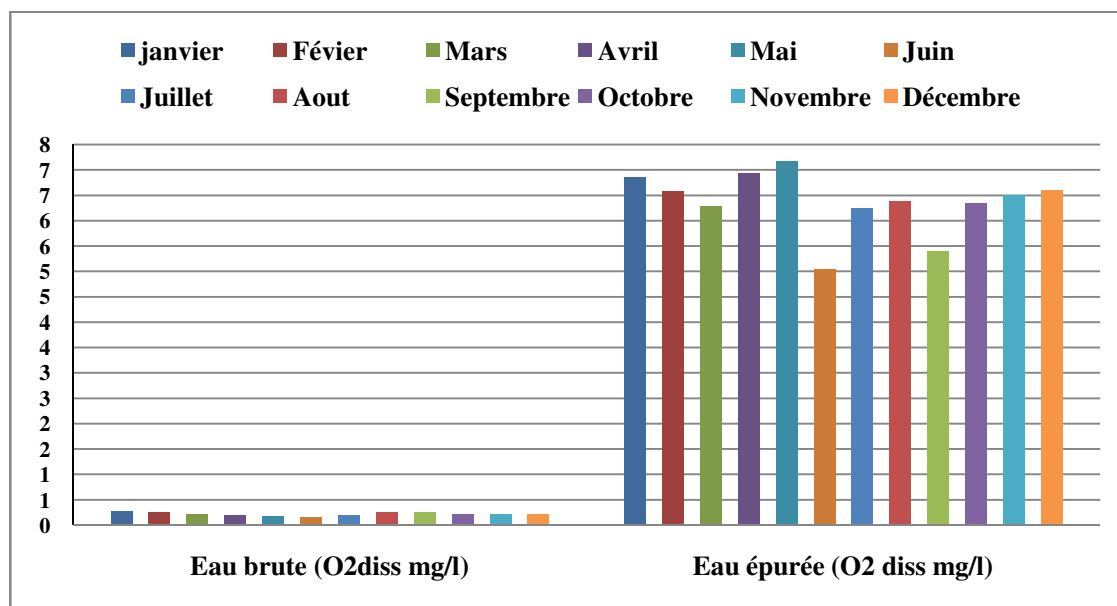


Figure VI.3 .Courbe de la variation mensuelle de l'oxygène dissous (2016).

VI.5.4. Variation mensuelle de la DCO

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques biodégradable et non biodégradable. Les résultats de la variation de la DCO au cours de l'année 2016 sont montrés dans le tableau VI.7 et sur la figure VI.4.

Tableau VI.7. Variation mensuelle de la DCO (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
DCO (EB) mg/l	1041,4	1130,56	1150,89	983,22	855,06	847,91	890,22	1169,44	956,56	1039,72	748,25	1140,11
DCO (EE) mg/l	127,3	128,00	147,11	131,8	126,1	125,1	120,1	110,84	138,4	123,78	110,9	145,44

L'évolution de la charge organique totale exprimée en DCO a enregistré des valeurs maximales dans la période humide entre Décembre et Mars pour les eaux brutes. Cependant, ces valeurs sont totalement supérieure à la valeur référence d'un rejet direct des eaux usées qui est 500 mg/l.

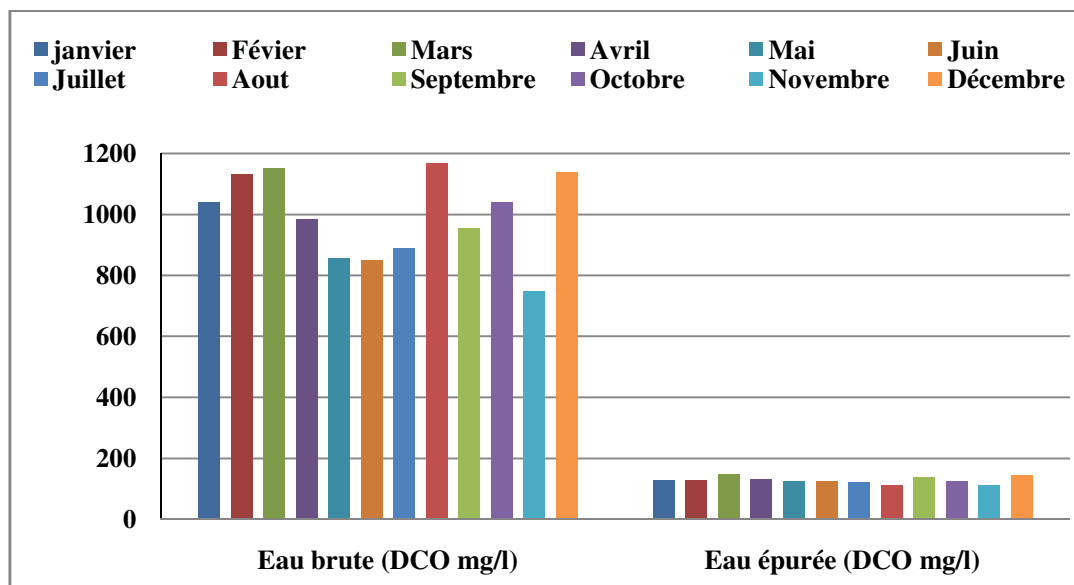


Figure VI.4. Courbe de la variation mensuelle de la DCO (année 2016).

Par ailleurs, les mesures de la DCO effectuées durant toute la période d'observations à la sortie de la station montrent que ces valeurs ne respectent pas les normes définies (120 mg/l). En comparant les mesures enregistrés avant traitement (entre 748.25 et 1169.44 mg/l) et à la sortie de la station (entre 110.84 et 147.11 mg/l), nous pouvons dire que les rendements d'élimination de la DCO sont très importants, ceci s'est traduit par une élimination considérable de la matière oxydable.

VI.5.5.Variation mensuelle de la DBO₅

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique.

La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protéiques des matières organiques commence immédiatement et dure environ 20 jours à la température de 20°C.

Tandis que, le début de la transformation des matières azotées n'apparaît qu'après une dizaine de jours et demande ainsi beaucoup du temps. Dans ces conditions, il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO₅ en milligrammes d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

D'après les résultats obtenus (tableau VI.8), le maximum de la matière organique biodégradable est observée au mois de septembre, ceci est expliqué par la variation des conditions climatiques (température de l'air,...,etc.). Cependant, nous remarquons qu'il y a quelques mesures des eaux traitées qui ne sont pas conformes aux normes des eaux épurées sur une période de huit mois (> 40 mg/l).

Tableau VI.8. Variation mensuelle de paramètre de DBO₅ (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
DBO₅ (EB) mg O₂/l	550	613,8	569,3	558,3	563,3	573,3	555	621,6	639,8	544,3	591	604,4
DBO₅ (EE) mg O₂/l	37,5	41,7	44,1	43,7	41,4	40,7	41,6	40,8	39,3	39,7	41,1	37,7

L'abattement de la DBO₅ dans les lagunes aux autres mois peut être s'expliquer par l'élimination d'une fraction de la DBO₅ via l'étape de la décantation d'une part, et par la dégradation biologique par la biomasse bactérienne de l'autre part.

Toute fois l'apparition des bulles de gaz à la surface des bassins qui dégagent des mauvaises odeurs, prouvent le fonctionnement anoxique dans les tranches d'eau dépourvues d'oxygène.

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées pour les eaux brutes (entre 544.3 et 639.8 mg/l) et pour les eaux épurées (entre 37.5 et 44.1 mg/l) révèlent une bonne réduction de la fraction biodégradable de la matière organique.

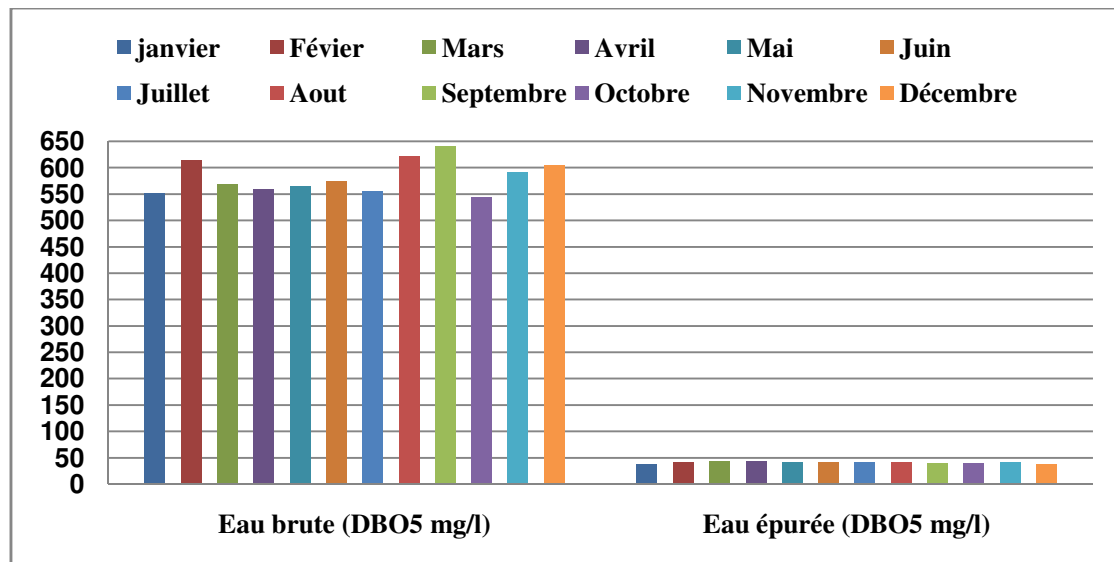


Figure VI.5. Variation mensuelle de la DBO₅ (année 2016).

VI.5.6. Variation mensuelle de MES

Les MES expriment la matière en suspension décantable et non décantable, et d'origine organique ou minérale. La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, boues, particules organiques, plancton, etc.).

Les résultats de MES au cours de l'année 2016 sont regroupés dans le tableau VI.9, el figure VI.6 représente l'histogramme des taux de MES a l'entrée et à la sortie de la station.

Tableau VI.9. Variation mensuelle de MES (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
MES(EB) mg/l	361,2	384,1	583,4	427,9	254,1	313,2	481,7	421	330	285,2	288,7	348,5
MES(EE) mg/l	28,3	21,1	34,3	26,3	33,8	25,5	33,4	29,3	31,2	24	26,7	30,5

Au vu de ces résultats, et en comparant les valeurs moyennes enregistrées de MES des eaux brutes à celles des eaux traitées nous pouvons observer une élimination appréciable de MES et toutes les concentrations de MES pour les eaux traitées répondent aux normes indiquées par le journal officiel (40 mg/l).

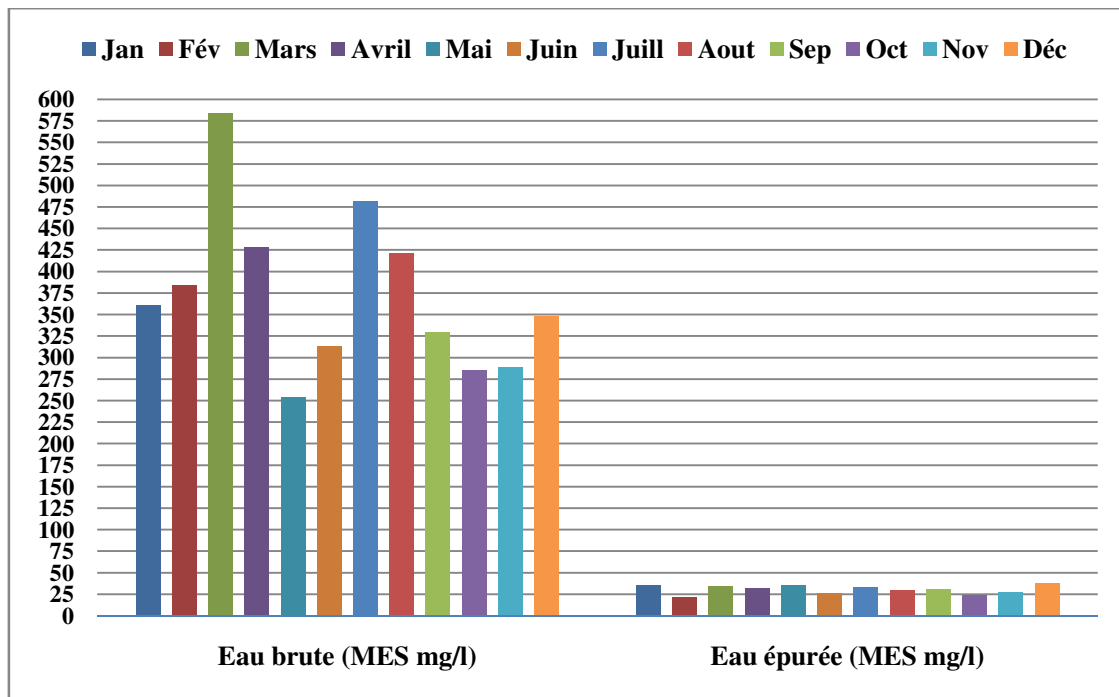


Figure VI.6. Variation mensuelle de MES (année 2016).

VI.5.7. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO₅ implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

Selon la valeur de cet indice, on peut distinguer en générale :

Effluent facilement biodégradable lorsque le rapport DCO/DBO₅ < 2.

Effluent est moyennement biodégradable lorsque le rapport $2 < \text{DCO/DBO}_5 < 3$.

Effluent est difficilement biodégradable lorsque le rapport $\text{DCO/DBO}_5 > 3$.

Les résultats de l'indice de biodégradabilité lors de l'année 2016 sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau VI.10. Variation mensuelle de rapport DCO/ DBO₅ (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
DCO/DBO ₅ (EB)	1,90	1,86	2,03	1,79	1,53	1,50	1,63	2,06	1,52	1,95	1,25	1,89
DCO/DBO ₅ (EE)	3,52	3,09	3,33	3,01	3,04	3,07	2,90	2,77	3,50	3,12	2,74	3,92

Les résultats de cet indice nous donnent une indication sur la biodégradabilité des substances organiques des eaux usées. A l'entrée de la STEP, la majorité des valeurs de ce rapport se

trouve autour de 2, ce qui nous laisse de penser que l'effluent testé est généralement facilement biodégradable.

A la sortie de la station, nous avons constaté qu'il y a une augmentation dans les valeurs de l'indice de biodégradabilité. Ceci peut s'expliquer par la diminution de la partie biodégradable de la matière organique.

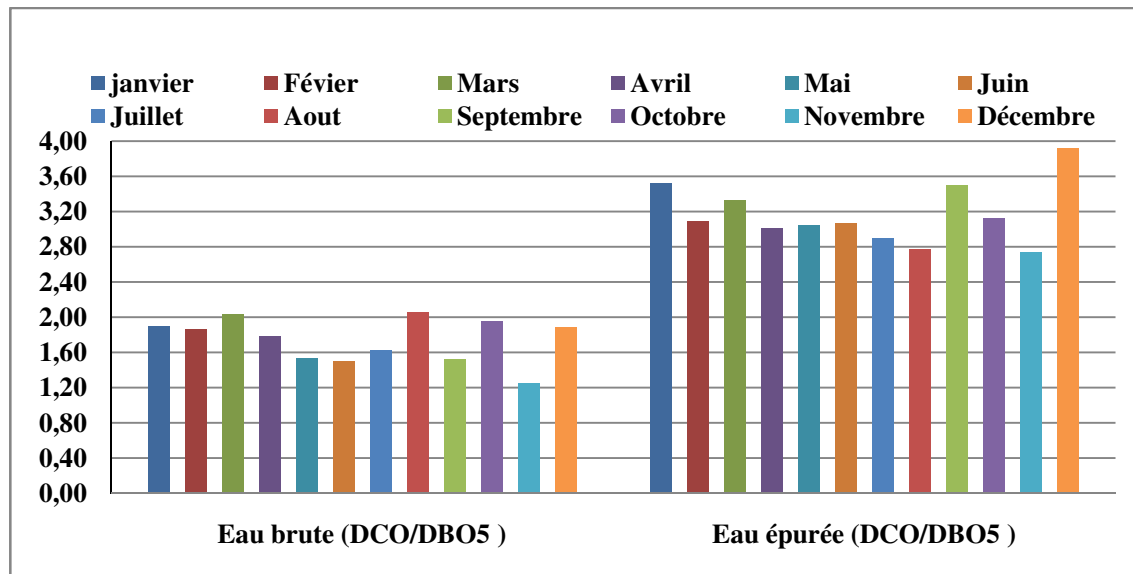


Figure VI.7. Courbe de la variation mensuelle de rapport DCO/DBO₅ (année 2016).

VI.5.8. Variation mensuelle de la Conductivité

La conductivité électrique traduit le degré de la minéralisation globale, et elle nous renseigne sur le taux de la salinité des eaux. Les résultats de la conductivité au cours de l'année 2016 sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau VI.11. Variation mensuelle de la conductivité (année 2016).

Mois (2016)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Cond (EB) μS/cm	4,63	9,64	4,92	5,42	6,15	6,44	6,20	6,74	6,55	5,88	5,36	5,06
Cond (EE) μS/cm	4,19	4,63	4,57	5,21	6,62	6,74	6,25	6,70	6,76	5,92	5,43	4,53

Les résultats obtenus montrent une très forte minéralisation des eaux brutes (jusqu'au 9.24 ms/cm). Ceux-ci pourraient être expliqués par l'utilisation des eaux de la nappe phréatique dont la salinité peut atteindre 5 g/l.

La comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées ne peuvent pas être utilisées pour l'irrigation.

Les résultats relatifs à la variation de la conductivité sont représentés sur la figure VI.8:

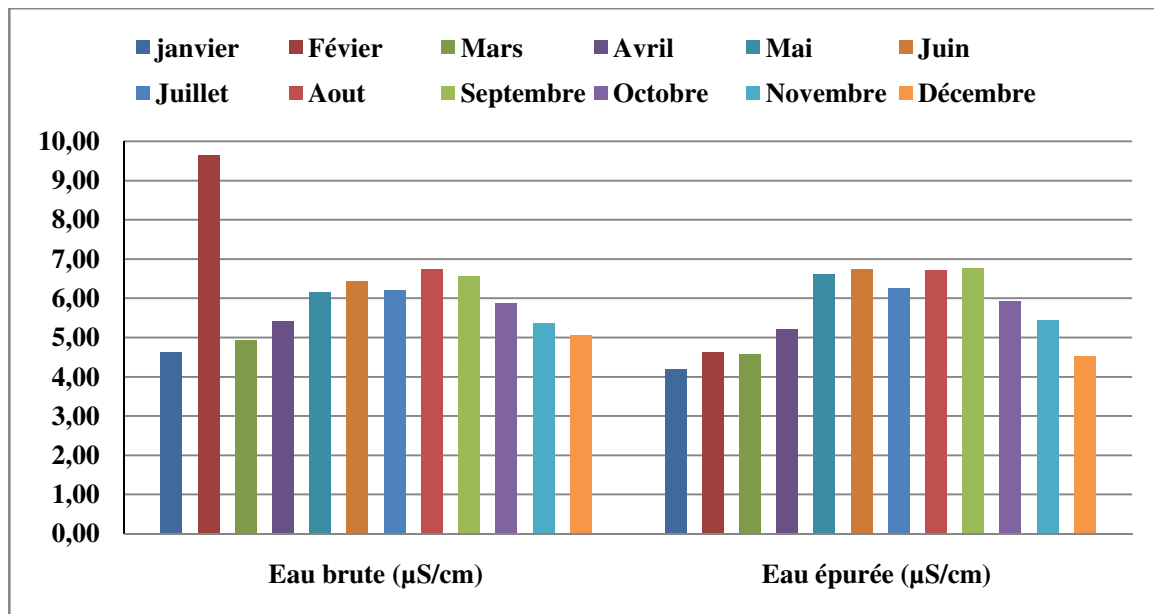


Figure VI.8. Variation mensuelle de la Conductivité (2016).

VI.5.9. Variation saisonnière de la DBO₅ (2015-2017)

Les résultats de la variation saisonnière (trimestrielle) de la DBO₅ pendant six ans (2015-2017) sont regroupés dans le tableau VI.12, et la figure VI.9 montre la courbe de la variation saisonnière.

Tableau VI.12. Variation saisonnière de la DBO₅ (2015-2017).

Trimestre	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015	T1/2016	T2/2016	T3/2016	T4/2016	T1/2017	T2/2017	T3/2017	T4/2017
DBO ₅ mg O ₂ /l (EB)	558,33	476,67	441,00	625,33	611,00	718,33	795,00	538,89	563,89	500	580,56	575,56
DBO ₅ mg O ₂ /l (EE)	35,00	41,33	43,33	38,33	45,67	41,33	37,67	39,78	42,78	43,33	40,83	40,55

D'après tous ces résultats, nous avons observé que les valeurs de la DBO₅ à l'entrée de la station sont un peu loin de la norme relative aux eaux des rejets, et qu'il y a un dépassement de la valeur limite dans quelques valeurs moyennes trimestrielles.

A la sortie de la STEP, la majorité des valeurs de la DBO₅ sont inférieures à la valeur limite ce qui nous indique la bonne élimination de la fraction biodégradable de la matière organique lors du traitement biologique.

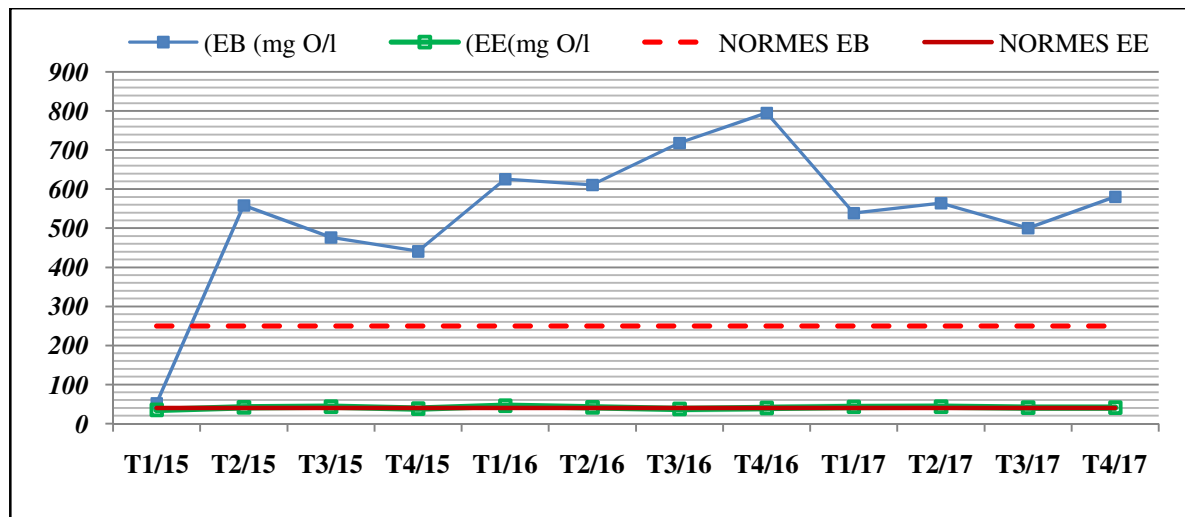


Figure VI.9. Variation saisonnière de la DBO₅ (2015-2017).

VI.5.10. Variation saisonnière de paramètre DCO (2015-2017)

Les résultats de la variation saisonnière de la DCO au cours de la durée de trois ans (2015-2017) sont mentionnés dans le tableau VI.13 et sur la figure VI.10.

Tableau VI.13. Variation saisonnière de la DCO (2015-2017).

Trimester	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015	T1/2016	T2/2016	T3/2016	T4/2016	T1/2017	T2/2017	T3/2017	T4/2017
DCO en mg/l (EB)	1057,42	705,67	756,67	784,00	1149,33	1038,50	1031,89	1192,92	1136,11	942,22	1227,67	1166,39
DCO en mg/l (EE)	115,33	126,67	126,67	136	143,33	118	114,67	136,75	143,78	138,55	131,12	130,05

Nos résultats indiquent que la totalité des valeurs de la DCO pour les eaux brutes sont supérieures aux normes des rejets. Malgré ça, nous avons pu observer l'efficacité de traitement lors de cette période.

Comparées aux normes qui fixent la valeur maximale de la DCO à 120 mg/l pour les eaux épurées, nous avons remarqué que la majorité des mesures de la DCO sortant sont supérieures à la valeur limite durant les trois ans étudiées.

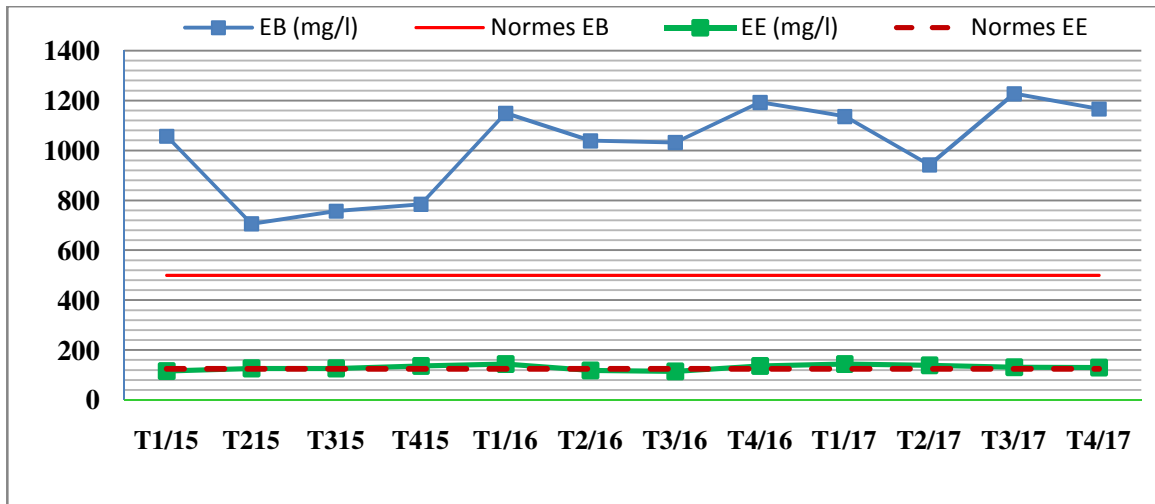


Figure VI.10. Variation saisonnière de la DCO (2015-2017).

VI.5.11. Variation saisonnière de MES (2015-2017)

Les résultats de la variation saisonnière de MES au cours de la durée de trois ans (2015-2017) sont présentés dans le tableau VI.14 et sur la figure VI.11.

Tableau VI.14. la variation saisonnière de MES (2015-2017).

Trimestre	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015	T1/2016	T2/2016	T3/2016	T4/2016	T1/2017	T2/2017	T3/2017	T4/2017
MES mg/l (EB)	387,96	109,63	228,00	168,22	515,74	396,29	448,55	427,34	425,07	489,44	556,36	327,00
MES mg/l (EE)	37,33	36,83	39,47	25,67	27,67	26,33	33,00	29,31	18,78	22,56	21,56	26,28

Au vu de tous ces résultats, nous avons observé que pour les eaux brutes, la majorité des valeurs de MES sont supérieures aux normes des eaux brutes. Par contre, pour les eaux en aval de la station, la totalité des mesures de MES se trouvent autour de la valeur limite des eaux traitées.

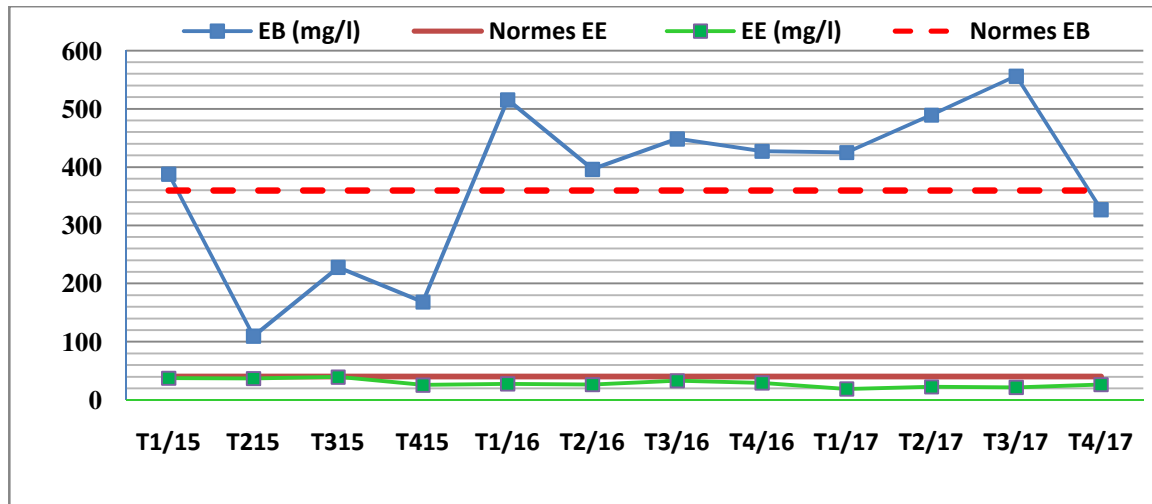


Figure VI.11. Variation saisonnière de MES (2015-2017).

VI.5.12. Variation annuelle de la DBO₅ (2015-2017)

La variation annuelle de la DBO₅ pendant une durée de trois ans (2015- 2017) a été étudiée. Cette variation est mentionnée dans le tableau VI.15 suivant et la figure VI.12.

Tableau VI.15. Variation annuelle de la DBO₅ (2015-2017).

Année	DBO ₅ en mg O ₂ /l (EB)	DBO ₅ en mg O ₂ /l (EE)
2015	525,33	39,50
2016	665,81	41,11
2017	555,00	41,87

Le suivi de la DBO₅ a montré des valeurs très élevées dans les trois ans, ce qui s'explique par la dominance de matières organiques biodégradables. Cependant, la variation de la DBO₅ à la sortie de la STEP a confirmé l'efficacité du traitement dans cette station.

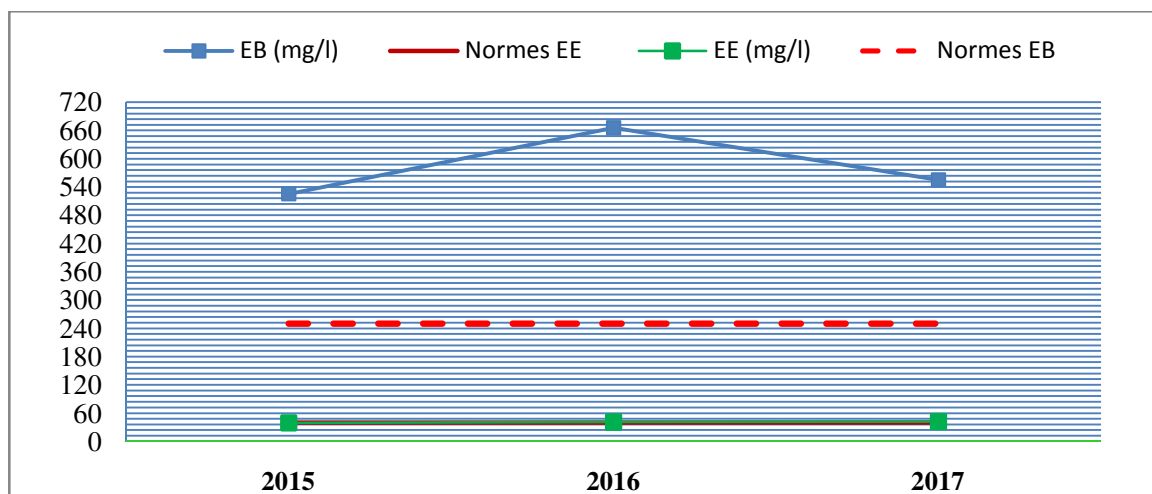


Figure VI.12. Variation annuelle de la DBO₅ (2015-2017).

VI.5.13. Variation annuelle de la DCO (2015-2017)

Les résultats de la variation annuelle de la DCO au cours de la période considérée (2015-2017) sont illustrés dans le tableau VI.16 et sur la figure VI.13.

Tableau VI.16. La variation annuelle de la DCO (2015-2017).

Année	DCO en mg/l (EB)	DCO en mg/l (EE)
2015	850,94	126,17
2016	1103,11	121,77
2017	1118,10	135,88

Les résultats des analyses de la DCO reflètent une fluctuation de la charge organique totale sur toute la période étudiée. En effet, toutes les valeurs de la DCO dépassent la valeur limite des eaux brutes. Par contre, les eaux épurées sont conformes aux normes des eaux traitées.

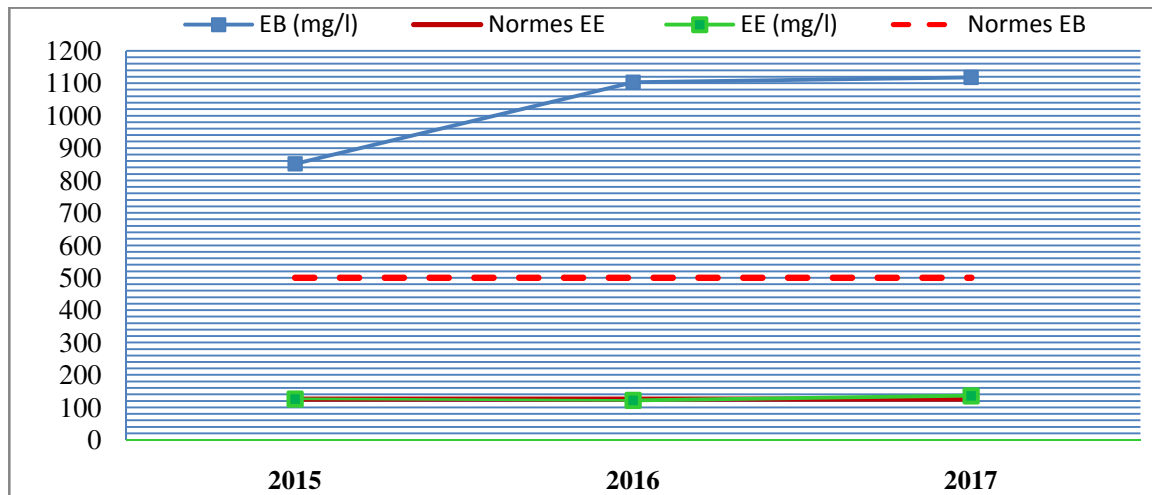


Figure VI.13. Variation annuelle de la DCO (2015-2017).

VI.5.14. Variation annuelle de MES (2015-2017)

Les résultats de la variation annuelle de MES au cours de la durée de trois ans (2015- 2017) sont présentés dans le tableau VI.16 et sur la figure VI.14.

Tableau VI.17. La variation annuelle de MES (2015-2017).

Année	MES en mg/l (EB)	MES en mg/l (EE)
2015	223,45	34,83
2016	446,98	29,08
2017	449,47	22,29

Le suivi des analyses de la matière en suspension montre que les valeurs de celle-ci sont supérieures aux normes des eaux brutes à l'entrée de la station. Pour les eaux traitées, les résultats de MES enregistrés sont très proches de la norme des eaux épurées sur toute la période considérée.

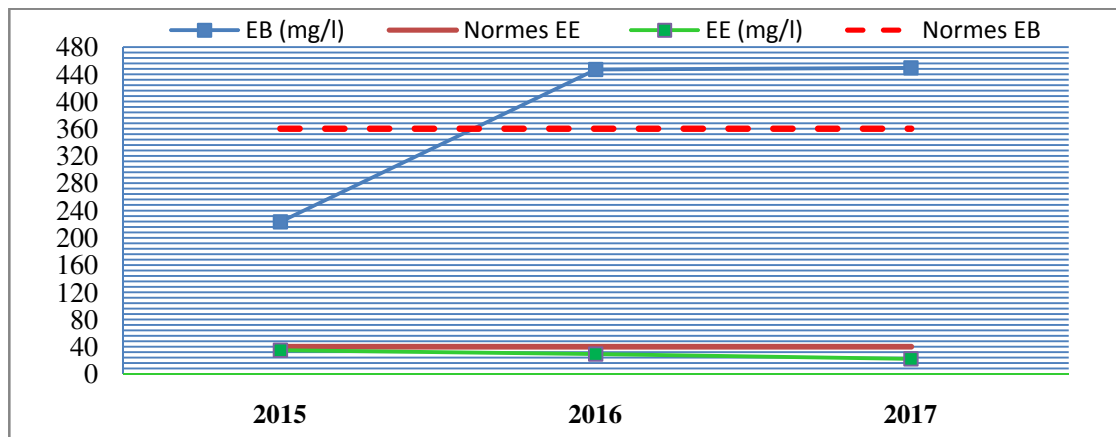


Figure VI.14. Variation annuelle de MES (2015-2017).

VI.6. Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination(Cr)

L'indice de pollution organique est un indice utile pour le traitement de données relatif au suivi des paramètres de pollution. L'indice de pollution organique IPO établis par Leclercq et Maquet , 1987. La classification des paramètres organiques des eaux se fait selon cinq classes.

Tableau VI.18 . Grille de la qualité (IPO)(**BAHROUN. S.**, 2011).

Paramètres	DBO5 mg-O2/l	Ammonium mg-N/l	Nitrites µg-N/l	Phosphates µg-P/l
Classes				
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2 – 5	0,1 – 0,9	6 – 10	16 – 75
3	5,1 – 10	1 – 2,4	11 – 50	76 – 250
2	10,1 – 15	2,5 – 6	51 – 150	251 – 900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

IPO = moyenne des numéros des classes des 04 paramètres, on distingue :

IPO = 5,0 – 4,6 : pollution organique nulle. IPO = 4,5 – 4,0 : pollution organique faible.

IPO = 3,9 – 3,0 : pollution organique modérée. IPO = 2,9 – 2,0 : pollution organique forte.

IPO = 1,9 – 1,0 : pollution organique très forte.

L'indicateur de contamination **CR** est un nombre adimensionnel calculé pour chaque échantillon (j) et sur chaque élément (i) :

$Cr_{ij} = (M_{mes})_{ij} / (M_{ref})_{ij}$ Avec M_{mes} et M_{ref} , les teneurs mesurées et de référence.

On a utilisé les normes Marocaines qui donnent pour la DCO: 500 mg/l, la DBO₅:100 mg O₂/l et les MES: 50 mg/l.

Le calcul des rapports se fait comme suit : DCO/DCO₀, DBO₅/ DBO_{5 0} et MES/MES₀.

La classification des eaux sur la base de la valeur de CR se fait selon 4 classes :

CR<1 faible facteur de contamination, 1<CR <3 facteur de contamination modéré

3<CR <6 facteur de contamination considérable, CR >6 facteur de contamination élevé.

Les résultats trouvés sont pour les deux indices sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau VI.19 . L'indice de la pollution organique (IPO) et indice de la Contamination (Cr)

Type d'eau	IPO	Cr		
		DCO	DBO ₅	MES
Eau brute	2	2,36	5,55	8,98
Eau épurée	2	0,27	0,41	0,44

D'après les résultats obtenus, nous avons observé que les eaux usées se situent à la classe 2 (pollution organique forte) en utilisant l'indice de l'IPO.

Selon la valeur de CR, les eaux usées à l'entrée ont présenté un facteur de contamination qui varie entre le modérée , le considérable et l'élevé pour tous les paramètres organiques. Néanmoins, les eaux épurées ont un faible facteur de contamination.

VI.7. Recommandations

Au cours de réalisation de l'opération de traitement des eaux usées, des problèmes ont apparus qui empêchent le bon déroulement de l'opération, parmi eux:

- les traces visibles des algues dans les lagunes de finition (eaux épurées) et lagunes aérées (A) ,à cause de la diminution de débit entré à la station, pour résoudre ce problème, il faut augmenter le débit entré pour augmenter les rendements d'abattement des MES.

Généralement nous recommandons:

- Ajouter un traitement primaire (décantation) pour fournir une bonne élimination des matières colloïdales et en suspension pour faciliter les traitements ultérieurs.
- Prendre en charge les analyses parasitologiques pour un meilleur contrôle de la qualité microbiologique des eaux épurées.
- Un traitement tertiaire est indispensable (désinfection) pour une épuration entière des eaux.

VI.8. Conclusion

Dans ce chapitre, on a établi les différentes variations des paramètres disponibles qui devient pour la totalité conforme aux normes de rejet qui rend ces eaux utilisables dans l'irrigation.

CONCLUSION GENERALE

D'un point de vue qualité des eaux, la gestion intégrée du système d'assainissement (réseau d'assainissement, station d'épuration et milieu naturel récepteur) permet d'optimiser le traitement des effluents. En effet, connaître la qualité des eaux sortant du réseau c'est connaître la qualité des eaux entrant dans la station d'épuration et c'est indispensable à la détermination des filières de traitement ainsi qu'à leur dimensionnement, de même connaître les objectifs de qualité du milieu récepteur permet de définir des normes de rejet en sortie de station d'épuration, ce qui conditionne les choix des types d'ouvrage d'assainissement à mettre en place en amont.

Par conséquent, dans le cadre de cette étude, un effort préliminaire consiste à acquérir un maximum de connaissance dans chaque discipline impliquée. Cette adaptation au système étudié permettra, dans un premier temps, de situer les problématiques posées afin d'apporter une contribution efficace pour une solution adéquate. Nous avons donc tenté dans la première partie de ce manuscrit, de mettre en relief les principaux concepts de l'épuration biologique en abordant brièvement des thèmes comme la pollution, les filières d'épuration et les problèmes liés au traitement dans les procédés de dépollution.

En entreprenant cette étude, une évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de **HASSANI ABDELKERIM** (système à lagunage aéré) a été mise en évidence.

Après une description détaillée de la STEP, les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- Le traitement naturel des eaux usées par lagunage aéré représente une solution de choix pour la dépollution de l'eau dans la région d'EL OUED en raison de résultats des analyses effectuées qui montre la dominance des matières non dégradables dans les eaux usées.
- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.

Au terme de cette étude, on peut dire que l'épuration des eaux usées à la STEP 02 de HASSANI ABDELKERIM est généralement efficace et satisfaisante.

L'eau traitée au niveau de la STEP ne représente aucun danger pour l'environnement mais inacceptable pour l'irrigation des périmètres.

Références Bibliographiques

Achouri. F., Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).

Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D., Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).

André Hade, Nos Lacs :Les connaître pour mieux les protéger Éditions FIDES,(2002), 359 p.

Aouabed., Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009).

Asano T, Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library,(1998), 1475p.

BAHROUN S., KHERICI BOUSNOUBRA H.,Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'El Tarf (Nord-Est Algerien), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre, (2011),171-178.

BANZAOUI N et ELBOUZ F., Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba,(2009).

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A, Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS,(2004), 220 p.

BELKHIRI D.,Traitement des eaux usées urbaines (Aspect environnemental). Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier Université de Sétif,(1999), 115 p.

Benslimane R.,Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie, Mém. Ing. Eco et Env. Patho. Des écosystèmes,Université de Annaba,(2001), 95p.

Boeglin J.C., Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).

BOUDJELAL et DJOUDI,Pollution de l'oued Bousellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Mém. Ing. Eco et Env. Patho des écosystèmes. Université de Sétif,(2003), 112 p.

Boumediene M.A., Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).

B.Méot et Z. Alamy, Les eaux usées urbaines, réglementation des rejets urbain,(1990).

- Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L.,** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau,(2005) 15p.
- Cours de réutilisation des eaux industrielles (par M^r Coulay).
- Cshapf,** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, (1995) 22 p.
- Dernat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret...**, Dossier : la réutilisation des eaux usées après (1996) .
- Dhaouadi H.,** Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration) Tunis, (2008).
- Directive Européenne** du 21 mai 1991(91/271/CEE) relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.
- Djeddi H,** Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007).
- Encyclopedia..**Industrial chemistry, Water in Ull man's, Wiley-VCH Verlags, vol.8. épuration . Techniques, Sciences et Méthodes, 2 .(1995): 81-118p.
- Faby J.A et Brissaud,** L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1997),76 pages.
- Faby J.A.,** l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1999).
- FAO.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper ,(2003), 65p.
- Festy B.,** Pollution atmosphérique et épidémiologie en France : une longue maturation. Pollution Atmosphérique, (1989).
- Gaïd A.,** Traitement des eaux usées urbaines, France (2007).
- Galaf F et S. Ghanna M,** « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un Site Websur la pollution du milieu marin ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université, (2003).
- Gaujous D.,** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire, 2^{émé} édition, revue et augmentée (1995) .
- Gaujous D.,**La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation Paris, (1995), 217p.
- Identification et Elimination des Goulets d'Etranglement pour l'Utilisation des Eaux Usées dans le Cadre de l'Irrigation ou autres Usages , MAROC – RAPPORT NATIONAL ,2009.

- Keck G. et Vernus E**, « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, (2000),2450p
- LADJEL F.**, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdès. (2006),p80.
- Laurent J.L.**, L'assainissement des agglomérations: Technique d'épuration actuelles et évolutions, France (Avril 1994).
- LECLERCQ L, MAQUET B.** Deux nouveaux indices chimiques et diatomiques de qualité d'eau courante. Application au Samson et ses effluents (Bassin de la Meuse belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénétiques et diatomiques. Institut Royal des sciences naturelles de Belgique. Document de travail, (1987), 28, 113p.
- L'UNESCO**: Fiche Technique: traitement des eaux usées par lagunage, (Aout, 2008).
- Martin**, Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris (1979).
- Mayet J.**, « La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur » 2^{ème} Edition, Paris,(1994), p382.
- Mekhlaliff.**, Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement ,Université du 20 Août 1955 SKIKDA,(2009).
- Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba .**, Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA ,(2012),P 10.
- Mémoire, Mr Ghedeir Amar Hacen**, Suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration (cas STEP 01) ,2016.
- Metahri.**, Thèse d'Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes cas de la step Est de la ville de Tizi-Ouzou, Diplôme de doctorat, Spécialité Agronomie (Juil, 2012).
- OMS.**, Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire, (2005) 119 p.
- Perera P et Baudot B.**, Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai, 1991).
- Racault Y**, Le lagunage naturel (Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France) (1997).
- Rejesk, F**, « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documents techniques pédagogique d'aquitaine, (2002).
- Rejesk, F**, « Analyse des eaux ,aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documents techniques pédagogique d'aquitaine (2005) .
- René Moletta** :La méthanisation,(2011), 552 p.

Rodier J et al. ,« L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. DUNOD. PARIS, (1996).

RODIER,J . L'analyse de l'eau. Ed Dunod, Paris,(2005).

Rodier J, « (L'analyse de l'eau » 9ème édition, Dunond, Paris, (2009).

Rotbardt A., Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées-perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, (Février, 2011)

SAGGAI M, M., Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla, (2004),64p.

Servais., Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement (2006).

SKOOG, HOLLER, NIEMAN,Principe d'analyse instrumentale, 5^{ème} edition.

Edition de Boeck université. Paris, 2003. 938p. ISBN : 2-7445-0112-3.

Taradat M.H .,Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada. (1992), 537p.

Tarmoul F, Sodi M ., Mémoire « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ». Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, (2007) pp: 27-32.

Thomas O ., Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc ,(1955), 135-1 p.

Xanthoulis D.,Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires (1993),

Tableau des matières des Annexes

ANNEXE II.1	Tableau des normes de l'OMS des eaux rejeté.
ANNEXE II.2	Tableau des normes européenne des eaux rejeté.
ANNEXE II.3	Tableau des normes algérien des eaux usées rejeté.

ANNEXE II.1.Tableau des normes de l'OMS des eaux rejeté.

Caractéristiques	Normes	Unités
PH	6,5-8,5	
Température	<30	°C
DBO₅	<30	mg/l
DCO	<90 mg/l	mg/l
MES	<20 mg/l	mg/l
NH₄⁺	<0,5 mg/l	mg/l
NO₂	1 mg/l	mg/l
NO₃	<1 mg/l	mg/l
P₂O₅	<2 mg/l	mg/l
Couleur	Incolore	
Odeur	Inodore	

ANNEXE II.2. Tableau des normes européenne des eaux rejeté.

Paramètre	Normes	Unités
pH	5,5 <pH<9,5	
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO₅	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	Mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	mg/l
Plomb	0,1	g
Hydrocarbures totaux	5	g/jour
Composées phénoliques	5	g/jour

ANNEXE II.3.Tableau des normes algérien des eaux usées rejeté.

Paramètre	Normes	Unités
Température	30	(C°)
pH	6,5-8,5	-
O2	5	mg/l
DBO5	30	/
DCO	90	/
MES	30	/
Chrome	0,1	mg/l
Zinc	2	/
Azote	50	/
Phosphates	2	/
Huiles et graisses	20	/
Détergents	1	/
Hydrocarbures	10	/

