

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Techniques



N° Ref :.....

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques.

THEME

**Etude du système d'épuration par lagunage aéré
(Ferdjioua à Mila)**

Présenté par :

- CHEFRAG Djamila
- FERIDJ Amal

Soutenu devant le jury :

**M. MEHELLOU Ahmed
M. YAHIAOUI Khemissi
Mme. BENCHAIBA Leila**

**Président
Promoteur
Examineur**

Année universitaire : 2016/2017



Remerciement :

Avant tout, nous louons et remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail. Au terme de ce travail réalisé en vue de l'obtention du Diplôme Master en Hydraulique. Nous tenons exprimer nos sincères remerciements à mon encadreur Mr. YAHYAOUI KHEMISSE.

Nous remercie également Mr Mehellou A, Mm Benchaiha L qui accepté de faire partie du jury et d'examiner mon travail.

Nous remercie tous l'effectif travaillant dans la filière d'hydraulique spécialement le directeur de l'institut de science et technologie M. KAMOUKH SAMI et M. MOUSSOUNI

Nous remercie tous les travaillant dans la station d'épuration SIDI MAROUN et la direction de programmation.

Notre collègues et amis pour leur encouragements et leur aide durant la réalisation de ce travail.



Dédicace

*Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes
les*

*personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de
ce mémoire plus particulièrement :*

*A mes très chers parents, tout mon respect et affection en
témoignage de leur soutien, sacrifice, patience, ainsi que pour
leurs conseils et orientations dans ma vie.*

*A mes frères ferres et Nassir et mes chers sœurs : Meriem, Samia,
Nassira.*

A épouse à mon frère Rima.

A Dounia

Pour les efforts et l'attachement qu'ils m'ont fourni pour me supporter.

A tous mes amis : kenza,djamila, Ahlam, farida, Imene, Warda.

A tous mes amis de promo d'hydraulique.

A tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire.

A tous ceux que j'aime.

Amel
Amel





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère pour m'avoir mis au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises.

*A tous mes sœurs ZINAB, BAKHTA, AYA, YOSSRA
, NADA,*

*A tous mes frères
YOSSAF, MOULOUD, ANTAR, IBRAHIM,
ABD ALLAH .et toute ma famille.*

A mon fiancé MOHAMMED TAHAR, qui a su me reconforter, me redonner du courage et m'épauler lors des moments difficiles.

*A tous mes amies AMAL, MOUNIRA, AHLAM, IMAN
, WARDA, NASRIN
Et tous mes collègues.*

djamila
djamila



Résumé

L'installation du système d'épuration par lagunage aéré en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions efficaces si non la seule capable de protéger l'environnement et les ressources hydriques. En plus la dépollution des eaux usées urbaines, ce système permet la mobilisation d'un volume important d'eau épuré de la commune de Ferdjioua apte à être réutilisé dans plusieurs domaines et en l'occurrence à l'agriculture. Il ressort que ce système peut être employé comme une alternative écologique et économique pour l'épuration des eaux usées dans la région de Ferdjioua.

L'objectif primordial de ce travail est de connaître les dimensions de tous les ouvrages de la station d'épuration et sa surface totale. Les résultats que nous avons obtenus via l'étude de dimensionnement sont présentés comme suit:

Pour les bassins d'aération : la superficie totale est de **817156 m²**, soit une surface de **40858 m²** pour chaque bassin et une profondeur de **3 m**.

Pour les bassins de décantation : la superficie totale est de **40858 m²**, soit une surface de **20429 m²** pour chaque bassin et une profondeur de **2 m**.

Pour les bassins de décantation :

Pour les bassins de lit de séchage : la superficie totale est de **15715m²**, soit une surface de **3929m²** pour chaque bassin et une profondeur de **0,4 m**.

Abstract

The installation of the aerated lagoon purification system downstream of the sewerage networks is one of the effective solutions if not the only one capable of protecting the environment and water resources. In addition to the depollution of urban wastewater, this system allows the mobilization of a large volume of purified water from the municipality of Ferdjioua able to be reused in several fields and in this case agriculture. This system can be used as an ecological and economic alternative for wastewater treatment in the Ferdjioua region.

The main objective of this work is to know the dimensions of all the works of the treatment plant and its total surface area. The results obtained by the design study are presented as follows:

For the aeration basins: the total area is **817156 m²**, ie an area of 40858 m² for each basin and a depth of **3 m**.

For the settling basins: the total area is **40858 m²**, ie an area of 20429 m² for each basin and a depth of **2 m**.

For settling ponds:

For drying bed basins: the total area is **15715 m²**, ie an area of 3929m² for each basin and a depth of **0.4 m**.

الملخص :

يمثل نظام تصفية المياه المستعملة عن طريق الأحواض الاصطناعية (بالتهووية) إن لم نقل الحل الوحيد لحماية البيئة ومصادر المياه (الجوفية والسطحية) هذا النظام يمكن من استغلال كميات كبيرة من المياه المعالجة في العديد من الميادين وخاصة ميدان السقي الفلاحي ونشاطاته لتميزه الإيكولوجي والاقتصادي.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو حساب أبعاد منشآت محطة التصفية بالأحواض عن طريق التهوية.

النتائج المتحصل عليها يمكن تلخيصها كما يلي :

أحواض التهوية: تقدر مساحتها الكلية ب 817156 متر مربع، ومساحة كل حوض 40858 متر مربع وعمقه 3 متر.

أحواض الترسيب: تقدر مساحتها الكلية ب 40858 متر مربع، ومساحة كل حوض 20429 متر مربع وعمقه 2 متر.

أحواض التجفيف: تقدر مساحتها الكلية ب 15715 متر مربع، ومساحة كل حوض 3929 متر مربع وعمقه 0,4 متر.

SOMMAIRE

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

CHAPITRE I Présentation de la zone d'étude

I .1. Introduction	3
I .2. Caractéristiques géographiques.....	3
I .2.1. Situation Géographique.....	3
I .2.2. Découpage administratif	3
I .2.3. Morphologie	4
I .3. Caractéristiques topographiques	5
I.3.1. Altitude.....	5
I.3.2. Pente	6
I.4. Caractéristiques démographiques	7
I.4.1. Population	7
I.4.2. Croissance moyenne annuelle de la population	8
I.4.3. Répartition de la population par dispersion	8
I.5. Paramètres climatologiques.....	8
I.5.1. Précipitations.....	9
I.5.2. Température	9
I.6. Situation socio-économique	10
I.6. 1. Création de petites entreprises dans le cadre de l'ANSJ.....	10
I.6.2. Potentiel agricole.....	10
I.7. Conclusion	11

CHAPITRE II Généralité sur les eaux usées

II .1. Introduction.....	12
II .2. Définition des eaux usées	12
II.3. Différents types des eaux usées.....	12
II.3.1. Eaux usées domestiques.....	12
II.3.2. Eaux usées industrielles	13
II.3.3. Eaux pluviales.....	14

II.3.4. Eaux agricoles.....	14
II.4. Pollution de l'eau usée	15
II.4. 1. Définition.....	15
II.4.2. Type de pollution.....	15
II.4.2.1. La pollution chimique.....	15
II.4.2.2. La pollution physique	16
II.4.2.3. Pollution thermique	16
II.4.2.4. Pollution microbiologique	16
II.5. Paramètres de caractérisation de l'effluent	19
II.5.1. Paramètres physiques.....	19
II.5.2. Paramètres chimiques	19
II.6. Notion D'équivalent- Habitant (Ou EH)	21
II.7. L'impact de la pollution des eaux usées sur la santé et l'environnement	22
II.8. Conséquences de la pollution des eaux usées sur la faune et la flore	23
II.8.1. Conséquences de la pollution des eaux sur la santé.....	23
II.8.2. Conséquences de la pollution des eaux sur la faune.....	23
II.8.3. Conséquences sur la flore	23
II.9. Règlementation	24
II.9.1. Normes internationales	24
II.9.2. Normes Algériennes	25
II.10. Collecte des eaux usées	26
II.10.1. réseaux unitaires.....	26
II.10.2. Réseau séparatif.....	27
II.10.3. Réseau pseudo séparatif	27
II.11. Conclusion.....	28

CHAPITRE III

Procédés d'épuration des eaux usées

III.1. Introduction	29
II.2. Épuration des eaux usées.....	29
III.3. Objectifs de l'épuration	29
III.4. Implantation de la station	30
III.5. Procédés d'épuration des eaux usées	30
III.5.1. Prétraitements	31

III.5.1.1. Dégrillage	31
III.5.1.2. Dessablage.....	34
III.5.1.3. Déshuilage	35
III.5.2. Traitements physico- chimiques	36
III.5.3. Traitement secondaire (traitement biologique)	37
III.5.3.1. Boues activés.....	37
III.5.3.2. Lit bactérien.....	39
III.5.3.3. Disques biologiques.....	40
III.6. Traitement par lagunage.....	42
III.6.1. Lagunage naturel	42
III.6.2. Lagunage aéré	44
III.6.3. Grands mécanismes des lagunages aérés	45
III.6.4. Paramètres et Bases de dimensionnement des lagunes aérés	46
III.6.5. Mise en œuvre	48
III.6.6. Choix du site de la future station par lagunage aéré	48
III.6.7. Equipements électromécaniques des lagunes aérées.....	48
III.6.8. Performances du lagunage aéré.....	51
III.7. Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage	52
III.7.1. Durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement	52
III.7.2. Température	52
III.7.3. Régime des vents dominants dans la région et leur orientation	53
III.7.4. L'évaporation.....	53
III.7.6. Exploitation du lagunage.....	53
III.8. Traitement tertiaire	53
III.8.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV.....	53
III.9. Critères Technico-Economiques Pour Le Choix De La Variante	
D'épuration	54
III.9.1. Critères techniques	54
III.9.1.1. Rendement d'épuration	54
III.9.1.2. Fiabilité.....	54
III.9.2. Critères économiques	54
III.10. Conclusion.....	55

CHAPITRE IV

Matériels et méthode

IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Objectif principale	56
IV.3. Prélèvement et échantillonnage.....	56
IV.4. Matériels et méthodes d'analyses.....	56
IV.5. Détermination des paramètres physiques	56
IV.5.1. pH et Température	56
IV.5.2. conductivité électrique	57
IV.5.3. Matières en suspension (MES)	58
IV.6. Détermination des paramètres chimiques.....	61
IV.6.1. Oxygène dissous	61
IV.6.2. demande biochimique en oxygène (DBO5).....	61
IV.6.3. Demande chimique en oxygène DCO.....	63
IV.7. Interprétation des résultats.....	65
IV. 8. Conclusion.....	67

CHAPITRE V

Dimensionnement de la station d'épuration par lagunage aéré

V.1. Introduction	68
V.2. Dimensionnement de la station d'épuration	68
V.2.1 Évolution des débits des eaux usées.....	68
V.2.2. Estimation de la population.....	68
V.2.3 Estimation des débits des eaux usées	69
V.3. Dimensionnement de la station de lagunage	80
V.3.1 Calcul des charges polluantes.....	80
V.3. 2 Dimensionnement des ouvrages du prétraitement.....	81
V.3.3. Dimensionnement des ouvrages de traitement biologique.....	85
V.3.3.1. Bassin d'aération	85
V.3.3.2. Bassin décantation	87
V.4.Conclusion.....	89
Conclusion général.....	90

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre du Tableau	Page
1	Coordonnées géographiques de Ferdjioua	3
2	Population et densité de peuplement	7
3	Evolution de la Population	8
4	Evolution du taux d'accroissement	8
5	Répartition de la population par dispersion	8
6	Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations en mm	9
7	Répartition mensuelle et saisonnière des températures en °C	9
8	Création de petites entreprises dans le cadre de l'ANSJ	10
9	Les secteurs d'activités	10
10	Nombre d'exploitations et statut juridique	10
11	le potentiel en SAU de la commune de Ferdjioua	10
12	Potentiel en cheptel de la commune de Ferdjioua	11
13	les bactéries pathogènes dans les eaux usées	17
14	Parasites pathogènes dans les eaux usées	18
15	L'impact de la pollution des eaux usées sur la santé et l'environnement	22
16	Normes de rejets internationales	25
17	Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)	25
18	Base de dimensionnement pour les lagunes aérées	47
19	Base de dimensionnement pour la lagune de décantation	48
20	les rendements d'élimination pour les principaux polluants	54
21	Résultats d'analyses	65
22	Données de base pour l'estimation de nombre d'habitants futur.	68
23	Évolution de nombre d'habitants de Ferdjioua	69
24	Récapitulatif de différents débits des eaux usées	80
25	Les caractéristiques du dégrilleur	83

LISTE DES FIGURES

N°	Titre du Figure	Page
01	Localisation géographique de la commune de Ferdjioua	4
02	Photographie de Ferdjioua (Google earth, 2014)	5
03	Carte topographique de la commune de Ferdjioua	7
04	composition des eaux usées domestique	12
05	Eaux usées domestiques	13
06	eaux usées industrielles	14
07	Eaux pluviales	15
08	Eaux Agricoles	16
09	cours d'eau eutrophisé	24
10	réseau unitaire	27
11	réseau séparatif	27
12	Réseau pseudo séparatif	28
13	Les principaux procédés d'épuration (schéma Agence de l'eau Seine Normandie)	31
14	Grilles manuelles	32
15	Dégrilleur mécanique	33
16	Dégrilleur courbé	33
17	dessableur	34
18	Racleur des graisses d'un dessableur- dégraisseur	36
19	principe de traitement biologique	39
20	Lit bactérien	40
21	Disques biologiques	41
22	Schéma de lagunage naturel	43

23	Lagunage aéré	44
24	principe d'un lagunage aéré (d'après agence de l'eau de, CTGREF)	46
25	Turbine de surface à vitesse le nte (immersion insuffisante)	47
26	Vue de l'aérateur Centrox d'une puissance de 5,5 kW [70]	50
27	Lit de séchage	50
28	Aire de stockage de boues	51

LISTE DES PHOTOS

N°	Titre des photos	Page
01	pH mètre (pH 510)	57
02	Conductivité mètre (Terminal 740)	58
03	Etuve chauffée	59
04	Dessiccateur	59
05	Ensemble de filtration	59
06	Balance électrique (TP-303)	60
07	Oxy-mètre (INOLABO-OXI 730 WTW)	61
08	DBO mètre	62
09	Spectrophotomètre	64
10	Thermo réacteur (CR 2200)	64

Liste des abréviations

ACL : Agglomération chef-lieu.

S.T : Superficie totale de la commune.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

SAT : Superficie utilisée par l'agriculture.

S.A.U : Surface agricole utile.

T.I : Terres incultes du secteur agricole.

AS : Agglomération Secondaire.

ZE : Zone Eberge.

EAC : Entreprise Agricole Collective.

EAI : Entreprise Agricole Individuel.

DTP : Direction des Travaux Publiques.

MES : La Matière En Suspension.

DBO₅ : La Demande Biologique En Oxygène.

DCO : La Demande Chimique En Oxygène.

pH : Potentiel Hydrogène.

UV : Ultra-Violet.

COT : Carbone organique total.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

L'importance de l'eau pour la vie comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme, est un facteur du développement pour générer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, la pêche, la production d'énergie, l'industrie, des transports et du tourisme. [1]

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée. [2]

La pollution de l'eau est une dégradation de ses qualités naturelles provoquée par l'homme et ses activités de nature physique, chimique, biologique ou bactériologique. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques.

Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation de niveau de vie de la population, les capacités d'auto-épuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à améliorer plusieurs techniques afin d'épurer ces effluents.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être utilisés pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction de la qualité physico-chimique de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. [3]

L'épuration des eaux usées a pour objectif principal de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente. [2]

Le système de traitement des eaux par lagunage aérée est reconnu comme un procédé d'épuration efficace. Le lagunage aéré se caractérise par une utilisation à grande sécurité et un faible entretien, tout en supportant des pointes de charges fait en tout temps aux conditions minimales requises suivant Le coût du génie civil est relativement faible et l'implantation de lagunes aérées peut s'intégrer aisément dans le milieu naturel.

C'est dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'étude de la qualité physicochimique des effluents de la futur STEP (Station de Traitement des Eaux usées) en vue de l'évaluation de son performance à l'exploitation et à l'irrigation.

Notre travail est composé d'introduction général, cinq chapitres, conclusion général, liste de Références qui se présentent comme suivant:

- ✓ Le premier chapitre dévolu le cadre général du site de travail, donne un aperçu général sur la zone d'étude à travers son contexte topographiques, démographiques géographique, climatiques, et socio-économiques ;
- ✓ Le deuxième chapitre concerne des généralités sur les eaux usées ;
- ✓ Le troisième chapitre se déroule sur les différentes méthodes de traitement qui sont utilisés pour épurer les eaux usées et notamment le lagunage aéré ;
- ✓ Le quatrième chapitre port sur la description des matériels et méthode utilisé pour juger la qualité physico-chimique de l'effluent testé ;

- ✓ Le dernier chapitre étudie le dimensionnement de la station par lagunage aérée de la zone d'étude ;
- ✓ Une conclusion générale présentant les principaux résultats acquis au cours de ce travail ;
- ✓ Une liste de Références Bibliographiques à la fin du présent mémoire.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA

ZONE D'ETUDE

I .1. Introduction

Ce chapitre vise principalement à mettre en évidence les caractéristiques géographiques, topographiques démographiques et climatologique de l'agglomération de Ferdjioua. Egalement, nous allons donner un aperçu la situation socio-économique de cette commune.

I .2. Caractéristiques géographiques:

I .2.1. Situation Géographique:

Le tableau (01) met en exergue les coordonnées géographiques de la zone d'étude (commune de Ferdjioua). [4]

Tableau 01: Coordonnées géographiques de Ferdjioua

Nom de site	Coordonnées géographiques	
	Nord	Est
Ferdjioua	36°24'32 "	5°56'45"

I .2.2. Découpage administratif:

Sur le plan administratif, la commune de Ferdjioua qui s'étend sur une superficie territoire de 74,80 km² est située au Nord-Ouest de la wilaya de Mila, Elle est limitée:

- ✚ Au Nord par les communes de Rouached et Tassadane Haddada ;
- ✚ A l'Ouest par les communes d'Ayadi Barbes et Baida hriche ;
- ✚ A l'Est par la communes Yahia Béni Guecha ;
- ✚ Au Sud par les communes de Bousselah et Bouhatem.

Les 10% restantes sont localisées au niveau de la zone éparses. [5]



Figure 01 : Localisation géographique de la commune de Ferdjioûa [6]

I.2.3. Morphologie

La commune de Ferdjioûa présente quatre principales morphologies à savoir:

- ✚ Au Nord, une ligne de crête du massif de Djebel boucharef avec une pointe culminant à 1200 m ;
- ✚ Au Sud Djebel Hmana, avec une altitude de 800 m ;
- ✚ A l'Est la vallée ;
- ✚ A l'Ouest, le fossé de Ferdjioûa constitue le territoire vers l'Ouest du plateau du Radjas avec une surface ondulée variant entre 500 m et 750 m. [5]



Figure 02: Photographie de Ferdjiousa (Google earth, 2014)

I.3. Caractéristiques topographiques:

D'un point de vue topographique, la commune de Ferdjiousa est caractérisée par un relief montagneux entrecoupé d'une vallée à l'est et de collines à l'ouest, s'inscrit dans l'ensemble naturel des «piémonts et collines». Elle se distingue par:

I.3.1. Altitude

Au niveau de la commune de Ferdjiousa, les altitudes varient en fonction des formations du relief:

- Une zone d'altitude moyenne entre 500 et 600 mètres située à l'ouest de la commune et correspondre à la vallée de l'oued Bousselah ;
- Une zone de haute altitude (800 à 1037 mètres) située au versant sud de la commune et correspondre aux reliefs montagneux des djebels Hamara et Bougueri, qui culminent respectivement à 1037 et 905 mètres d'altitude ;
- Une zone de très haute altitude située au nord de la commune et formée du djebel Boucherf, qui culmine à 1150 mètres d'altitude. [5]

Sur les reliefs montagneux, L'altitude de 800 à 900 mètres constitue la limite pour la pratique de l'arboriculture à noyaux et pépins, ainsi que de l'olivier. Les espèces arboricoles les mieux conseillées entre 800 et 1200 mètres d'altitude. Selon les milieux, sont le figuier, le noyer, le pacanier, le châtaignier.

I.3.2. Pente

Varie d'une zone à une autre, la pente est très accentuée au sein du territoire de la commune. Elle est comprise entre:

▪ **Classe de 0 et 3%:**

Cette classe correspond principalement à la vallée de l'oued Bousselah et quelques replats en zone montagneuse (nord de la commune). Elle est très favorable à l'intensification de l'activité agricole (mécanisation et irrigation) ;

▪ **Classe de 3 et 12, 5%:**

Cette classe est peu répandue dans la commune. Elle se présente sous forme de collines et coteaux et correspond à la zone de piémonts qui sépare au nord et au sud la vallée des reliefs montagneux. C'est une classe favorable à l'activité agricole, notamment l'arboriculture fruitière. De même, elle pourrait s'avérer comme alternative pour l'extension urbaine de Ferdjioua tout en préservant la vallée ;

▪ **Classe de 12, 5 et 25%:**

Cette classe occupe principalement, d'un côté la partie sud, du versant nord de la commune, et de l'autre côté la partie médiane du versant sud. La pente au niveau de cette classe est relativement forte et constitue un facteur limitant pour l'intensification agricole ;

▪ **Classe supérieure à 25 %:**

Cette classe correspond principalement au domaine montagneux des djebels Boucherf et Khelfi, située au nord et au sud de la commune. La pente dans cette classe, constitue un facteur limitant pour toute pratique agricole. [5]

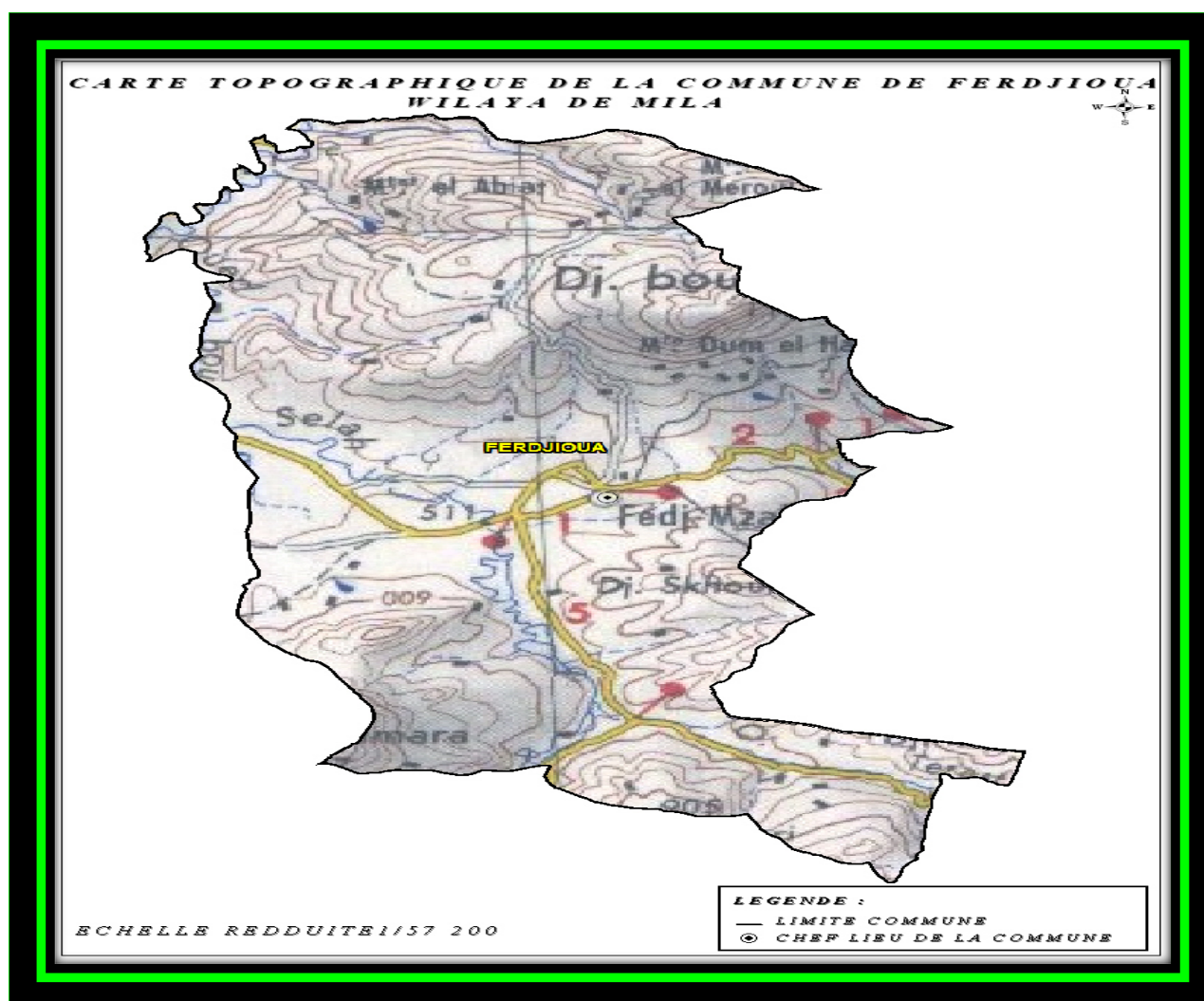


Figure 03. Carte topographique de la commune de Ferdjioûa [5]

I.4. Caractéristiques démographiques:

I.4.1. Population

La population de la commune de Ferdjioûa estimée dans l'annuaire statistique de la wilaya de Mila au 31/12/ 2015 est de 54879 Habitants, ce qui correspond à une densité de peuplement de l'ordre de 734 habitants par Km². Ce dernier est nettement supérieur à la densité moyenne de la wilaya, qui est environ de 249 Habitants par Km² [5].

Tableau 02: Population et densité de peuplement [5]

	SUPERFICIE Km ²	POPULATION 2015	DENSITE: Hab/Km ²
Ferdjioûa	74,80	54 879	734

I.4.2. Croissance moyenne annuelle de la population:

Comme illustré dans le tableau ci-dessous, le rythme du taux d'accroissement intercensitaire (1977-1987) de la commune de Ferdjioua s'établit à 6,31%, puis à 3,38% à (1987-1998). Cet accroissement s'est peu atténué en (2008 à 2015), il est de l'ordre de 1,29%. Ce taux demeure toutefois, inférieur au taux moyen de la wilaya qui est de 1,92%. [5]

Tableau 03: Evolution de la Population [5]

Commune	1977	1987	1998	2008	2015
Ferdjioua	15200	28052	40441	50167	54 879

Tableau 04: Evolution du taux d'accroissement [5]

Zone	(87-98) (en %)	(98-08) (en %)	(2008-2014) (en %)
Ferdjioua	3,38	2,17	1,29

I.4.3. Répartition de la population par dispersion:

La répartition de la population par dispersion est marquée par une concentration de plus de la moitié (52,18%) au niveau du chef-lieu de la commune. [5]

Tableau 05 : Répartition de la population par dispersion [5]

	ACL	AS	ZE	TOTAL
Ferdjioua	28 636	20 541	5 703	54 879

I.5. Paramètres climatologiques:

En absence de station météorologique propre à la commune, la caractérisation du climat de cette dernière est faite sur la base des données de la station de la wilaya de Mila. Cette dernière est prise comme station de référence complétée par les résultats de l'interprétation de la carte climatique de l'ANRH. [5]

I.5.1. Précipitations

Les données des précipitations relevées au niveau de la station de la wilaya de Mila, mettent en relief les aspects ci-après:

- Le volume des précipitations moyennes annuelles est appréciable: 603 mm ;
- Près de 72 % de pluies sont enregistrées en hiver et en automne ;
- La période sèche est assez prolongée, elle s'étale de juin au début d'octobre.

**Tableau 06: Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations en mm [5]**

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	
Pluviométrie	54	59	82	100	79	59	49	52	23	08	09	29	603
Total	195			238			124			46			
%	32,34			39,46			20,57			07,63			100

I.5.2. Température

Les températures relevées au niveau de la station de référence sont fraîches à froides en hiver et douces en été.

Tableau 07 : Répartition mensuelle et saisonnière des températures en °C [5]

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	
Moy. Maxima	24	18,3	13,4	12,6	14,7	17,1	20,2	24,5	29,3	34,1	34,1	30,5	22
Moy. Minima	12	7,6	4,18	3,68	4,58	6,18	8,08	11,28	15,88	18,68	18,8	17,2	10
T° Moyenne	18	12,6	08,5	08,14	09,5	11,6	14,14	17,8	22,5	26,3	26,4	23,7	16

Selon l'interprétation de la carte climatique de l'ANRH, la commune de Ferdjioua se caractérise par deux étages bioclimatiques:

- L'étage subhumide à humide froid, pour la partie nord-est de la commune correspondant au djebel Boucherf, où les précipitations sont comprises entre les isohyètes 600 et 1000 mm ;
- L'étage semi-aride froid, pour le reste du territoire de la commune, où les précipitations sont comprises entre les isohyètes 400 et 600 mm.

I.6. Situation socio-économique:

I.6. 1. Création de petites entreprises dans le cadre de l'ANSJ:

Tableau 08 : Création de petites entreprises dans le cadre de l'ANSJ [5]

	Nombre de dossiers Déposés	Nombre de attestations Délivrées	Nombre d'emplois prévus	Nombre d'entreprises créées	Nombre d'emplois créés
				Total	
Ferdjioua	1452	844	3080	45	1089

Tableau 09 : Les secteurs d'activités [5]

	Services	Transport	Agriculture	DTP	Profession. Libérale	Industrie	Artisanat	Total
Ferdjioua	187	125	16	29	19	41	38	455

I.6.2. Potentiel agricole:

I.6.2.1. Potentiel en exploitations agricoles:

Les pratiques agricoles de la commune de Ferdjioua sont dominées par le système céréales/jachère. Malgré la topographie et le caractère érosif des sols de la commune, les plantations arboricoles n'occupent qu'une place marginale de la superficie totale agricole utile (6,80%). Les espèces arboricoles les plus répandues sont l'olivier (121 ha) et le pommier (42 ha, essentiellement des jeunes plantations). Le figuier, quant à lui on le retrouve principalement sous forme d'arbres isolés. Malgré les fortes potentialités des terres de la vallée de l'oued Bousselah, les cultures maraîchères sont peu cultivées. Il est à noter que les deux cultures les plus pratiquées sont la pomme de terre et la pastèque. [5]

Tableau 10 : Nombre d'exploitations et statut juridique [5]

Ferdjioua	EAC	EAI	PRIVE	F.PILOTE	TOTAL
	5	85	380	0	154

Tableau 11 : le potentiel en SAU de la commune de Ferdjioua (ha) [5]

SAU Totale	SAU Irriguée	Terres labourables	Vignobles	Arboriculture fruitière
3662	160	3 225	1	436

I.6.2.2. Potentiel en cheptel de la commune de Ferdjioua:

- L'élevage représente une part importante dans l'économie agricole de la commune.
- Le cheptel de cette dernière est composé de 2191 têtes bovines dont 854 vaches laitières, 15 620 têtes ovines et de 3 290 têtes de caprins.

L'apiculture avec 1590 ruches et une production de 7,9 tonnes constitue une part non négligeable dans l'économie agricole.

Tableau 12 : Potentiel en cheptel de la commune de Ferdjioua [5]

Bovins (Têtes)	Ovins (Têtes)	Caprins (Têtes)	Ruches (unités)
2 191	15 620	3 290	1 590

De point de vue tourisme et thermalisme, la commune de Ferdjioua ne développe aucune activité dans ces domaines, exception faite de la présence d'un bureau de l'agence Mondial-Tours Omar dont le siège se trouve à la wilaya de Mila chef-lieu. [5]

I.7. Conclusion

La présentation de commune de Ferdjioua est faite à travers une reconnaissance détaillée des lieux, elle consiste à collecter, à dépouiller et à analyser toutes les informations nécessaires et disponibles.

Dans cette partie, nous avons défini les données nécessaires relatives à cette agglomération du point de vue topographique, climatologique, démographique, ainsi que la situation socio-économique. Il est à noter que ces données vont nous servir de base pour l'élaboration du projet qui consiste à l'étude de la conception d'une station d'épuration par lagunage aéré.

CHAPITRE II

GENERALITE SUR LES

EAUX USEES

II .1. Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

Dans ce chapitre, nous allons donner un état de connaissance sur les eaux usées et les pollutions engendrées par ces eaux.

II .2. Définition des eaux usées:

Les eaux usées sont des eaux impropres ou polluées, qui doivent bénéficier d'un assainissement ou d'une dépollution avant leur rejet dans la nature ou d'être utilisées par l'homme. [7]

II.3. Différents types des eaux usées:

On distingue quatre grandes catégories d'eaux usées: les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les eaux usées agricoles et les eaux pluviales.

II.3.1. Eaux usées domestiques:

Essentiellement, elles sont porteuses de pollution organique et se répartissent en eaux ménagères ou grises (issues de salles de bains et de cuisines). Elles sont généralement chargées en détergents, en graisses, en solvant et en débris organiques et en eaux vannes (rejets des toilettes). Ce type d'eau usée est caractérisé également par une importante charge en diverses matières organiques azotées et en germes fécaux et pathogènes. [8]

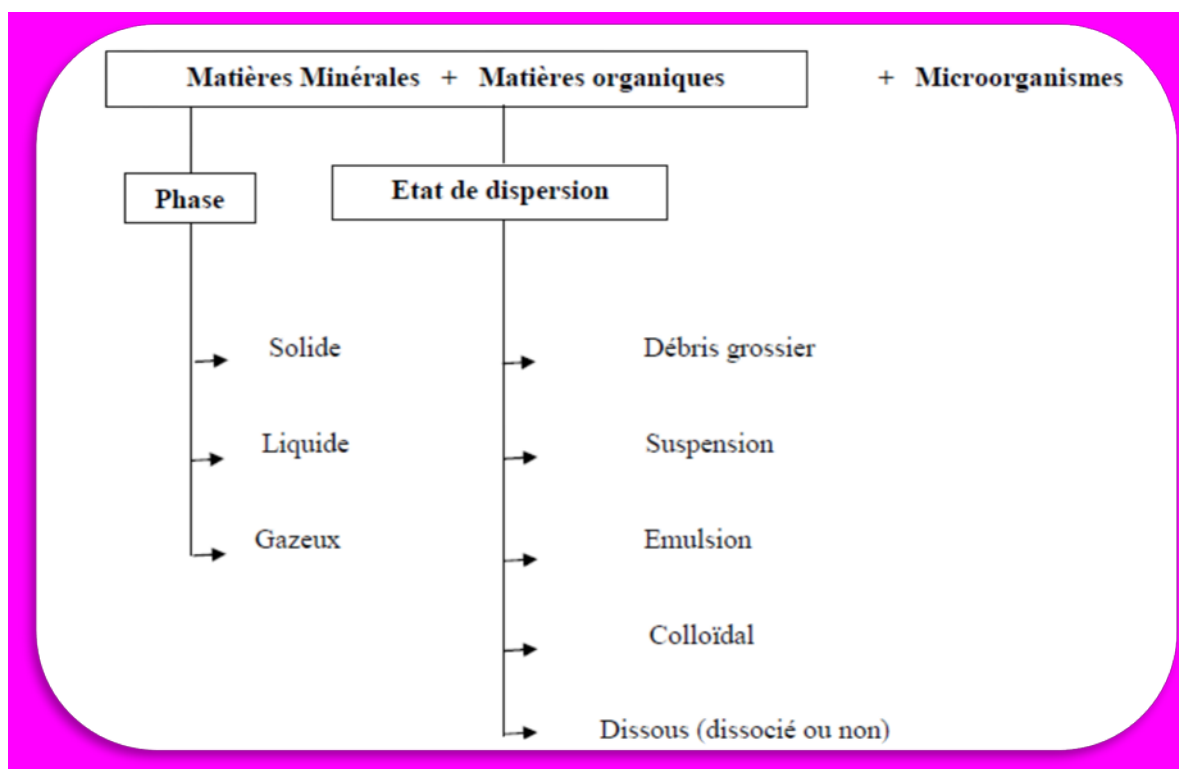


Figure 04 : composition des eaux usées domestique [9]



Figure 05: Eaux usées domestiques [10]

II.3.2. Eaux usées industrielles:

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. [11]



Figure 6: eaux usées industrielles [10]

II.3.3. Eaux pluviales:

Elles peuvent constituer une cause de pollution importante, pouvant se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, huiles de vidange, carburant, résidus de pneus, métaux lourds, pesticides...). [12]



Figure 07: Eaux pluviales [10]

II.3.4. Eaux agricoles:

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement:

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). [13], [14]



Figure 08: Eaux Agricoles [10]

II.4. Pollution de l'eau usée:

II.4. 1. Définition

La pollution de l'eau peut être définie comme étant une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimique et biologiques de l'eau, produite directement ou indirectement par les activités humaines, la rendant impropre à l'utilisation normale établit. [15]

II.4.2. Type de pollution:

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type. [16]

II.4.2.1. La pollution chimique:

Dans cette famille, on distingue d'une part, les polluants organiques qui sont généralement biodégradables (matières organiques, les graisses) sauf les composés organiques synthétiques (bi phényles poly chlorés) et d'autre part les polluants inorganiques qui sont généralement les plus toxiques. Les métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cr, Cu) provenant des activités industrielles, ainsi que des pratiques agricoles appartiennent à cette catégorie.

Actuellement, on parle des micropolluants qui se définissent comme étant des composés présents dans les eaux, dans les boues ou dans les eaux naturelles à de concentrations extrêmement faibles de l'ordre du microgramme (μg) ou de nano gramme (ng) par litre.

L'atrazine, un pesticide, le bisphénol A, un additif des plastiques et le méthyl un antidétonant, font partie des micropolluants. A cette liste on peut ajouter les produits d'hygiène corporelle et/ou pharmaceutique. [16]

II.4.2.2. La pollution physique:

Il y a trois principaux agents de pollution qui sont: la température, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité:

➤ Température:

Plus la température de l'eau est élevée plus le besoin en oxygène est grand, plus la teneur en oxygène de l'eau est basse ;

➤ Transport de matière solide en suspension:

Elles agissent en augmentant la turbidité de l'eau qui réduisent la pénétration de la lumière. [17]

➤ Radioactivité:

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle, d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs rayonnements d'origine industrielle ou en fin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations centrales nucléaires. [18]

II.4.2.3. Pollution thermique:

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..) ont une température de l'ordre de 70 à 80°C. Elle diminue jusqu'à 40 à 45°C, lorsqu'elle est en contact avec les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. [19]

II.4.2.4. Pollution microbiologique:

Les eaux usées contiennent aussi des contaminants microbiologiques tels que les bactéries, virus et parasites [20], [21]. Ces germes pathogènes représentent un grand risque sanitaire et reflètent l'état de santé des populations [22]. Dans une eau usée, on trouve aussi des micro-organismes dégradateurs de la matière organique, représentés surtout par des bactéries gram négatif telles que Pseudomonas, Flavobacterium ou Achromobacter [23], [21]. En plus d'une grande variété de champignons et de levures.

• Bactéries:

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. Elles se multiplient dans les eaux usées et dans les boues résiduelles.

Les eaux usées contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 bactéries/l. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 /l. Le nombre de germes peut être multiplié par 1000 dans les eaux de rivières après un rejet urbain. Ainsi, le nombre de coliforme fécaux passe de 10^3 à 10^6 par millilitre, après la zone de rejet d'une station d'épuration, qui collecte les eaux usées d'une grande ville. La voie de contamination majoritaire est l'ingestion, comme le montre le tableau (13). [24]

Tableau 13: les bactéries pathogènes dans les eaux usées [25]

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Voie de contamination principale
Salmonella sp	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	Ingestion
Shigellasp	Dysenterie bacillaire	Ingestion
Escherichia coli	Gastro-entérite	Ingestion
Yersinia sp	Gastro-entérite	Ingestion
Campylobactersp	Gastro-entérite	Ingestion
Vibriosp	Choléra	Ingestion
Leptospirasp	Leptospirose	Cutanée/inhalation/ Ingestion
Legionellasp	Légionellose	Inhalation
Mycobacteriumsp	Tuberculose	Inhalation

- **Virus:**

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Certains virus se multiplient dans le système digestif humain ou animal et sont excrétés dans les matières fécales lors d'une infection. Ils ne se reproduisent pas une fois à l'extérieur du corps. On peut retrouver plus de 150 types de virus dans les eaux usées.

- **Protozoaires:**

Les 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.

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes. Cette forme ceux-ci Entamoeba histolytica, responsable de la dysenterie amibienne ou encor Giardia lamblia qui peuvent être véhiculés par les eaux usées. [26]

- **Helminthes:**

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistantes et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre 10^3 œufs/l. [27]

Le tableau (14) regroupe les principaux protozoaires et helminthes que l'on trouve dans les eaux usées.

Tableau 14: Parasites pathogènes dans les eaux usées [28]

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre par litre	Voies de contamination principales
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100.000	Ingestion
Balantidium coli	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
Cryptosporidium	Diarrhée		
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation/Ingestion
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
Microsporidium	Diarrhée		Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase : Diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Anisostoma	Anémie	6 à 188	Ingestion/cutanée
Necator	Anémie		Cutanée
Toenia	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande mal cuite
Trichuris	Diarrhée, douleurs abdominale	10 à 41	Ingestion
Toxocara	fièvre, douleurs abdominale		Ingestion
Strongyloides	Diarrhée, douleurs abdominale, nausée		Cutanée
Hymenolepis	Nervosité, trouble digestifs, anorexie		Ingestion

II.5. Paramètres de caractérisation de l'effluent:

Il existe plusieurs paramètres qui caractérisent les eaux usées à savoir : paramètres physiques, chimiques, et biologiques qui permettent de mesurer la pollution de ces effluents.

II.5.1. Paramètres physiques:

Les paramètres physiques sont responsables de la pollution primaire des eaux et regroupent essentiellement les matières en suspension, la conductivité, le pH et la température. [29]

a. Température:

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

b. Conductivité:

La conductivité permet de connaître la quantité globale de sels dissous (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , PO_4^{-2}) et traduit la facilité avec laquelle l'eau conduit un courant électrique. Elle augmente avec la quantité de sels dissous et est fonction de la température et s'exprime par siemens / cm. [29]

c. Turbidité:

La turbidité permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau, elle est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes, microscopiques. [16]

d. Matières en suspension (MES)

Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau (grains de sable, poussière etc....). Elles comportent à la fois des éléments minéraux et des substances organiques. La matière en suspension (MES) s'exprime par mg/l. [8]

II.5.2. Paramètres chimiques:

a. pH

Le pH est la mesure du caractère acide ($1 < \text{pH} < 7$) ou basique ($7 < \text{pH} < 14$) des eaux usées. En générale, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, ce paramètre affecte la vie aquatique et par conséquent influe sur l'opération de l'autoépuration du milieu naturel. [30]

b. Oxygène dissous:

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de la qualité. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique. Cependant, sa présence dans les eaux urbaines

est considérée comme gênante du fait de la possibilité de la corrosion des distributeurs métalliques. [31]

L'oxygène est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Il entre avec 21% dans la composition de l'air atmosphérique, et représente 35% environ des gaz dissous dans l'eau à pression normale. [32]

c. Demande Biochimique en Oxygène (D.B.O.):

Représente la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours à 20 °C. Elle correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau [33]. Elle est exprimée en mg O₂/l. Elle se résume par la réaction chimique suivante:



d. Demande chimique en oxygène (DCO):

La demande chimique en oxygène (DCO), mesurée en mg O₂/l est la quantité globale d'oxygène nécessaire à la dégradation de certaines matières organiques (très difficilement biodégradables par les micro-organismes) par oxydation avec un oxydant chimique fort. [34]

e. Coefficient de La biodégradabilité (DCO/DBO₅):

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K égal à DCO/DBO₅.

- ✓ Si $K < 1.5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière fortement biodégradable ;
- ✓ Si $1.5 < K < 2.5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- ✓ Si $2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- ✓ Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables. [15]

f. Carbone organique total (COT):

Le carbone organique total est la teneur en carbone liée à la matière organique. Il représente la somme des matières organiques dissoutes et en suspension. [35]

g. 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. [27]

h. Eléments traces:

En effet les eaux usées urbaines sont une des principales voies d'apport de métaux vers les écosystèmes aquatiques [36]. Dans les stations d'épuration, une large partie des métaux contenue dans les eaux usées se trouve complexée avec la matière organique dissoute. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires sont: cadmium(Cd), cuivre(Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni), zinc (Zn). [37]

II.6. Notion D'équivalent- Habitant (Ou EH) :**❖ Définition de l'équivalent habitant :**

Afin d'évaluer la capacité d'une station d'épuration, une unité de mesure a été mise en place (l'équivalent-habitant). Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par jour et par habitant, plus les activités économiques urbaines (restaurants, hôpitaux, artisanat, hors industries spécifiques, ainsi qu'une part de pollution par temps de pluie dans le cas des réseaux unitaires). La directive eaux résiduaires urbaines définit l'équivalent-habitant comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique en oxygène à cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour.

1 EH égale :

-  60 g de DBO5/jour (soit 21,6 kg de DBO5/an) ;
-  120 à 150 g de demande chimique en oxygène (DCO) ;
-  70 à 90 g de matières en suspension (MES) ;
-  12 à 15 g d'azote Kjeldahl (NK) ;
-  2,5 à 3 g de phosphore total (PT) ²⁰. [38]

II.6. L'impact de la pollution des eaux usées sur la santé et l'environnement:**Tableau 15 : L'impact de la pollution des eaux usées sur la santé et l'environnement [39]**

Polluants	Effets environnementaux	Effets sanitaires
Les matières en suspension	- Eaux plus troubles: perturbe la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.	- Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme.
Pollution organique	- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons. - Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues. - Faiblement biodégradable.	- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme.
Azote (nitrates, nitrites), Phosphore	- Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux. - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.	- Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue). - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides.
Métaux	Non biodégradables, bioaccumulables	- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés. - Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérigènes.
Pesticides	- Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques. - Polluants organiques persistants. - S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire).	- Les plus toxiques : les insecticides. - Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérigènes.

II.8. Conséquences de la pollution des eaux usées sur la faune et la flore:

L'homme déverse des déchets dans les mers, les océans, les rivières et les lacs (les eaux superficielles en général). Mais cela touche aussi les réserves d'eau douces souterraines que l'on appelle les nappes phréatiques (les eaux souterraines). Ces diverses pollutions entraînent la disparition de certaines espèces végétales et animales.

II.8.1. Conséquences de la pollution des eaux sur la santé:

La pollution de l'eau peut avoir des conséquences sur la santé de l'homme:

Pathologies infectieuses:

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) ;
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, du aux vibriens cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant ;

II.8.2. Conséquences de la pollution des eaux sur la faune:

Un grand nombre d'espèces animales sont menacées par la pollution des eaux (oiseaux, reptiles, poissons,...). Il a été constaté une féminisation des espèces par le déversement des eaux contaminées par les résidus pharmaceutiques ;

II.8.3. Conséquences sur la flore:

Nous pouvons citer les conséquences suivantes:

- Diminution de la biodiversité végétale (empoisonnement des espèces végétales) ;
- L'eutrophisation est un accroissement excessif en substances nutritives essentiellement l'azote et le phosphore qui se manifeste par un développement considérable d'algues microscopiques. Ce phénomène cause la détérioration de la qualité des eaux des retenues de barrages utilisées pour alimenter les stations de traitement de potabilisation. [40]



Figure 09 : cours d'eau eutrophisé [40]

II.9. Règlementation:

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

II.9.1. Normes internationales

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau (16). [41]

Tableau 16: Normes de rejets internationales [41]

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

II.9.2. Normes Algériennes:

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau (17). [41]

Tableau 17 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JournalOfficiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètre	Unités	VALEURS LIMITES
T°	(C°)	30
pH	-	6.5-8.5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03

Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques Chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

II.10. Collecte des eaux usées:

Il existe trois systèmes de collecte des eaux usées :

II.10.1. réseaux unitaires:

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau généralement pourvu de déversoirs permettant en cas d'orage le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel. [42]

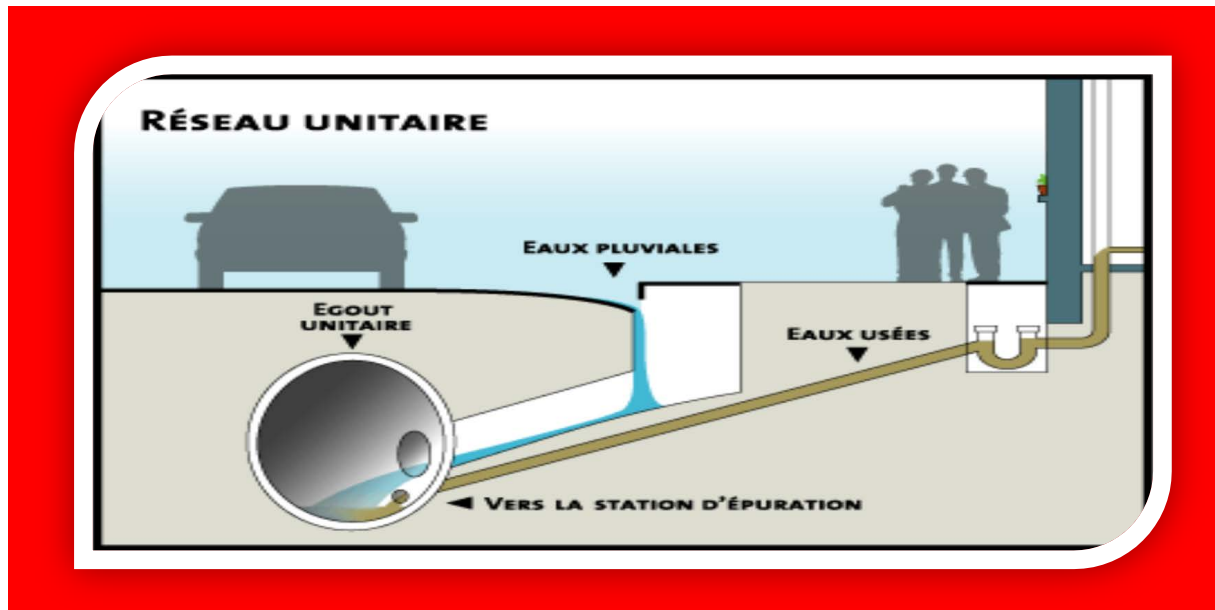


Figure 10: réseau unitaire [42]

II.10.2. Réseau séparatif:

Il consiste à réserver un réseau pour l'évacuation des eaux usées domestiques et, sous certaines réserves, de certains effluents industriels alors que l'évacuation de toutes les eaux météoriques sont assurées par un autre réseau. [42]

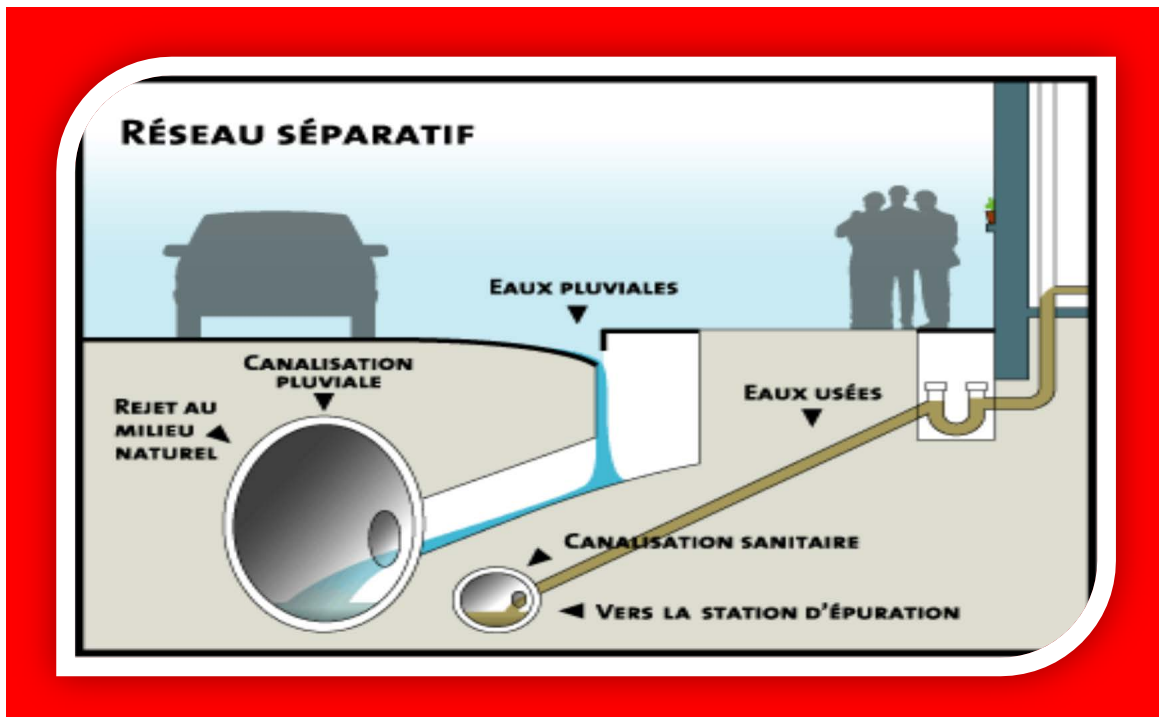


Figure 11: réseau séparatif [42]

II.10.3. Réseau pseudo séparatif:

Le système pseudo séparatif est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties:

L'une provenant uniquement des surfaces de voirie qui s'écoule par des ouvrages particuliers des services de la voirie municipale: caniveaux aqueducs, fossés avec évacuation directe dans la nature. L'autre provenant des toitures qui sont raccordées au réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques. On recoupe ainsi les évacuations des eaux d'un même immeuble. [42]

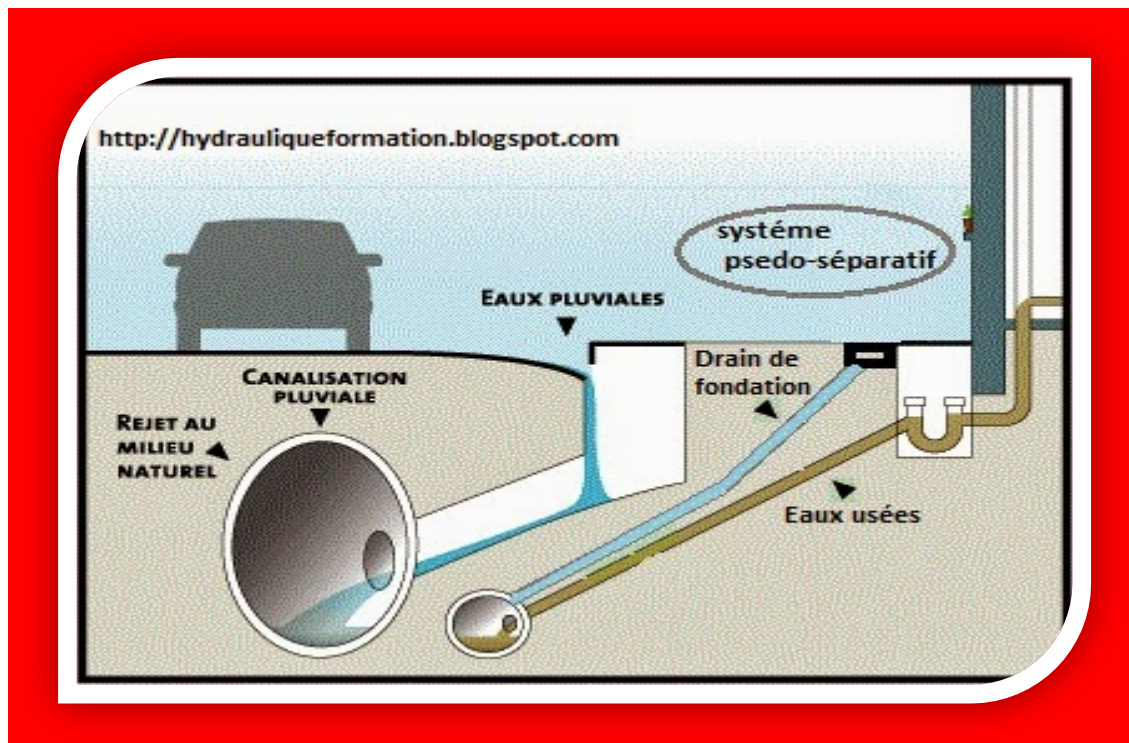


Figure 12 : Réseau pseudo séparatif [43]

II.11. Conclusion

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration.

CHAPITRE III
PROCEDES
D'EPURATION DES EAUX
USEES

III.1. Introduction

L'objectif principal de cette partie est de donner une description détaillée sur les différents procédés d'épuration en se basant sur le système d'épuration des eaux usées brutes par lagunage aéré.

L'épuration des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général.

Le processus d'épuration des eaux usées comprend trois grandes étapes, présentées ci-dessous, le prétraitement, les traitements primaires et secondaires parfois suivis par un quatrième niveau de traitement, appelé traitement tertiaire.

II.2. Épuration des eaux usées:

❖ Définition

La filière de l'épuration des eaux usées recommande différents techniques à divers niveaux technologiques souvent très élaborées ceci est illustré comme étant des méthodes classiques de traitement, ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la sauvegarde du milieu naturel tel que le lagunage ou phytoépuration. [44]

III.3. Objectifs de l'épuration:

L'objectif principal attendu par la réalisation d'une station d'épuration des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue risque sur la santé humaine et l'environnement.

Les objectifs d'épuration dépendent des usages qui seront faits de l'eau traitée Nous pouvons résumer les différents objectifs de l'épuration des eaux usées comme suit:

- ❖ Eviter les risques de santé publique ; [40]
- ❖ protection des eaux de surface et souterraines du risque de contamination par les constituants d'une eau usée non épurée ;
- ❖ bon développement des cultures vue les teneurs en élément fertilisants des eaux usées épurées ; [11]
- ❖ Elimination des nuisances olfactives ;
- ❖ Elimination des rejets d'eau usée à l'état brute dans le milieu naturel ; [45]
- ❖ Valoriser les eaux et les boues ;
- ❖ Epurer les eaux. [46]

III.4. Implantation de la station:

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire (1) principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. La succession des dispositifs est bien entendu calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter.

La station d'épuration reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site.

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées:

- Eviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau ;
- Eviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, industrielles, ...). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents (si possible) ;
- Eloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- Réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité par exemple pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et les qualités de sol conditionnent beaucoup le coût du génie civil ;
- Prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur (clapets en fond de bassins, ...) ;
- Ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques (lit bactérien, lagunage, bassin d'aération...) ;
- Pensé aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains). [47]

III.5. Procédés d'épuration des eaux usées:

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories: les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre côté les traitements secondaires et tertiaires. [48]

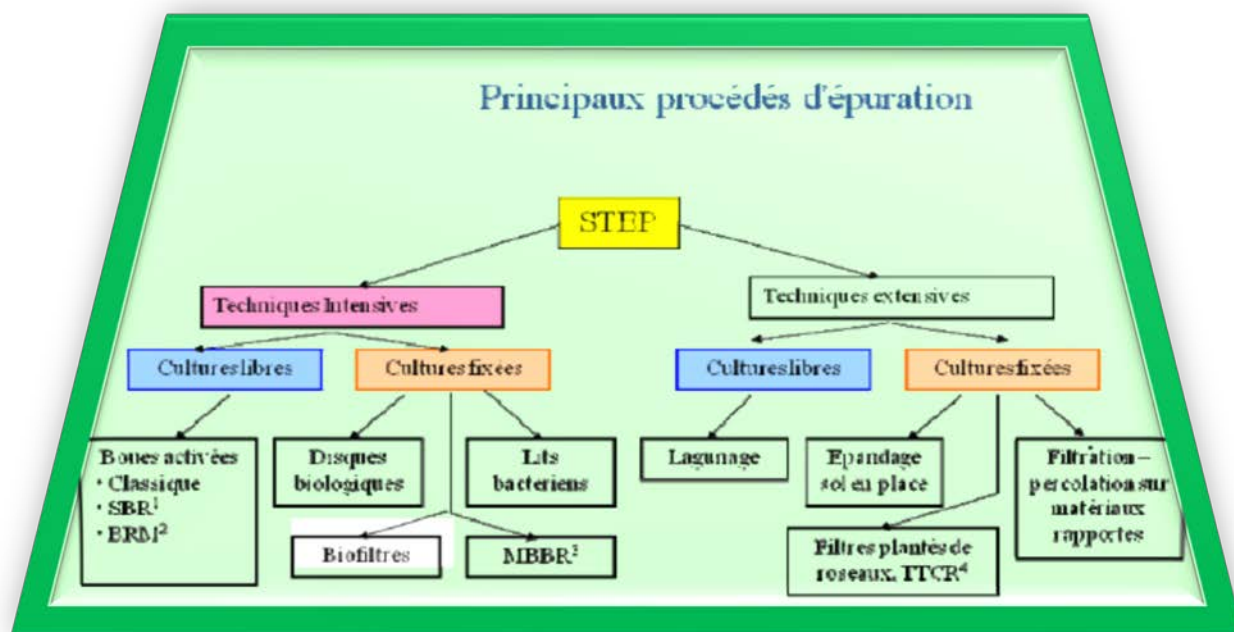


Figure 13: Les principaux procédés d'épuration (schéma Agence de l'eau Seine Normandie)

III.5.1. Prétraitements:

Les effluents doivent subir avant le traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opération à caractère physique ou mécanique. Le but est dans ce cas d'extraire et d'éliminer de l'eau les éléments solides en suspension ou en flottation et qui pourraient constituer un gêne pour les traitements ultérieurs. Parmi ces méthodes de séparation les plus courantes sont: le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé déshuilage.

III.5.1.1. Dégrillage:

À l'arrivée à la station d'épuration, les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage, permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer l'exécution, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation.

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent il s'agit des grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement.

La qualité de l'opération peut être définie de la façon suivante:

- Pré-dégrillage: pour grille à barreaux espacés de 30 à 100 mm ;
- Dégrillage moyen: pour grille à barreaux espacés de 10 à 25 mm ;
- Dégrillage fin: pour grille à barreaux espacés de 3 à 10 mm ;
- Tamisage: pour tamis à orifices de 0,3 à 5 mm.

Lorsque les eaux usées brutes sont susceptibles de véhiculer occasionnellement des corps anormalement volumineux, un pré grille de construction robuste est souhaitable. [49]

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments grossiers. [50]

Pour le nettoyage des grilles, on peut rencontrer deux types de grilles:

❖ **Grilles manuelles:**

Ces grilles sont composées de barreaux le plus souvent inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale, elles sont réservées à une petite station. Leur inconvénient est la nécessité de les nettoyer quotidiennement, car si la grille reste longtemps sans nettoyage, l'effluent risque de refluer dans le collecteur d'arrivée.

❖ **Grilles mécaniques:**

Ces mécanisations sont indispensables afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Elles se classent en deux catégories :

- **Grilles droites:**

Elles sont inclinées à 80° sur l'horizontale et leur nettoyage s'effectue automatiquement via des râpeaux, des peignes ou encore des brosses ; [50]

- **Grilles courbes:**

Sont utilisées pour les stations d'épuration des eaux industrielles. Le nettoyage se fait par un double râteau tournant ou encore par un système de bielle appliquée contre la grille. [51]



Figure 14 : Grilles manuelles [52]



Figure 15: Dégrilleur mécanique [53]



Figure 16 : Dégrilleur courbé [49]

Performances:

Les performances d'un dégrilleur (manuel ou autonettoyant) se caractérisent par son espacement entre les barreaux.

L'écartement des barreaux de la grille est défini par le choix de la taille et de la nature des objets acceptés par la station. On cherche aussi un compromis entre espacement des barreaux et quantité des déchets à évacuer (nettoyage fréquent de la grille). Un espacement de 10 mm maximum est quelquefois utilisé (dégrillage fin) pour protéger des filières de traitement des eaux ou des boues spécifiques (décantation lamellaire, centrifugation, ...). Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,5 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel. [47]

III.5.1.2. Dessablage :

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération, ...) où ils engendrent des désordres divers. Par ailleurs, ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompe ou d'autres appareillages (effet abrasif, ...). [49]

Performances:

90% des particules de taille supérieure ou égale à 200 μm (sables) doivent être éliminées dans le dessableur.

Sur les petites installations, le dessablage est effectué dans les canaux longitudinaux fonctionnant alternativement. Les dessableurs longitudinaux ont des performances étroitement liées au régime hydraulique prévalant dans le canal, et à la régularité des nettoyages. [47]



Figure 17: dessableur [54]

III.5.1.3. Déshuilage:

L'objectif du déshuilage est de retenir les graisses et les huiles (particules de densité plus faible que l'eau) afin de protéger le milieu naturel. En effet, ces éléments peuvent former en zone calme une couche fine (souvent irisée) en surface qui réduit les échanges gazeux eau-atmosphère. Cette opération de séparation est également essentielle pour protéger les installations sensibles situées à l'aval (dans les stations d'épuration, les corps gras peuvent former des émulsions perturbant notamment les écoulements).

Les déshuileurs sont en général dimensionnés pour des vitesses ascensionnelles voisines de 15 m/h, et il en existe de différents types: des déshuileurs indépendants installés après un dessableur ou des ouvrages combinés dessableur-déshuileur. Le premier type est souvent utilisé pour des bassins de retenue pluviale, le bassin est alors simplement équipé de cloisons siphonides. Le second type est plus compact, il est en général utilisé dans les stations d'épuration et met en œuvre une insufflation d'air par fines bulles pour obtenir la flottation des graisses.

Il est important de noter que les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement des eaux usées à savoir :

- ✚ Envahissement des décanteurs;
- ✚ Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs;
- ✚ Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;
- ✚ Risque de bouchage des canalisations et des pompes;
- ✚ Diminution du rendement du traitement qui arrive après. [55]



Figure 18 : Racleur des graisses d'un dessableur- dégraisseur

Performances:

Les graisses contribuent pour une part significative à la DCO des eaux résiduaires (1 g MEH = 2,8 g DCO – environ 16 g MEH / hab / jour – 35 % de la DCO de l'eau brute est due aux graisses).

Bien que l'efficacité mesurée des dégraisseurs en entrée de station ne soit pas très importante (de l'ordre de 5 à 25 % pour des eaux résiduaires domestiques), la présence de cet ouvrage reste en général indispensable ; excepté s'il est prévu un décanteur primaire ou un décanteur-digester, ou une zone de contact munis d'un dispositif de reprise des flottants.

Les dégraisseurs aérés par insufflation d'air (fines bulles diamètre < 1 mm) apparaissent les plus performants. Les deux principaux critères de mise en œuvre sont rappelés : vitesse ascensionnelle limite 10 à 15 m/h et temps de passage de l'eau au débit de pointe horaire de l'ordre de 10 à 15 minutes. Toutefois, si des industriels raccordés au réseau génèrent beaucoup de graisses, le temps de séjours requis peut être doublé. [47]

III.5.2. Traitements physico- chimiques:

Les traitements physico-chimiques traitent les matières colloïdales ou émulsionnées et également les matières en suspension décantables par précipitation simultanée.

Les réactifs chimiques utilisés sont nombreux et variés. Les colloïdes sont des particules de diamètre compris entre 0,1 et 0,001 μ (ceci est la définition adoptée en France par les traiteurs d'eau) et dont la surface spécifique est comprise entre 6. 106 et 6. 109 m^2/m^3 , ce qui induit de nombreuses réactions de surface. Les colloïdes sont en général les agents de la turbidité et de la couleur des effluents. Il est admis que les colloïdes ne sont pas retenus par filtration. Les temps de décantation dans un mètre d'eau stagnante (à 20°C) sont compris entre 2 et 200 ans (estimés par la loi de Stokes en régime laminaire).

En épuration des eaux usées, le traitement physico-chimique peut être utilisé pour des effluents présentant une pollution colloïdale ou émulsionnée importante (= 40% de la pollution totale), ce qui permet d'alléger le poids du traitement biologique (si celui-ci est nécessaire), et de protéger ce dernier de la diminution du rendement de dissolution de l'oxygène. Le traitement chimique permet également de réduire la fraction non biodégradable de la DCO, et il est en général peu dépendant de la température. D'importantes stations d'épuration fonctionnant sur ce principe ont été réalisées à Marseille et Cannes, et beaucoup de stations sur sites touristiques (importantes fluctuations de charges et de débits). Dans le monde industriel, nombreuses sont les applications des traitements physico-chimiques. Ces traitements sont aussi appliqués pour traiter avant l'étage biologique les métaux lourds, et également en traitement tertiaire (déphosphatation par exemple). [56]

III.5.3. Traitement secondaire (traitement biologique) :

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de flocs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes. [57]

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont:

III.5.3.1. Boues activées:

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification).

La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organisme donc une demande en oxygène plus importante.

De plus pour mettre en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire.

Les micro-organismes épurateurs sont en suspension dans un bassin aéré, on parle alors de procédé à boues activées. Le réacteur est alimenté en continu (eau usée) et la biomasse transforme les polluants :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien ;

- Par conversion de la DBO_5 en matières cellulaires : croissance de la culture bactérienne et des micro-organismes associés : insolubilisation de la pollution ;
- Par oxydation en CO_2 et H_2O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et la production de nouveau matériau cellulaire : transformation de la pollution dissoute en gaz ;
- Environ un tiers de la matière organique de l'eau usée doit être oxydée pour produire l'énergie requise.
- Comme dans le traitement physico-chimique des eaux usées, on aura deux phases :
- Phase biologique : transformation de la pollution dissoute en gaz ou en biomasse ;
- Phase physique : séparation de la biomasse épuratrice de l'eau épurée : décantation.

[58], [59]

Généralement une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas:

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice ;
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurée et de la culture bactérienne ;
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour des boues biologique vers le bassin d'aération récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché ;
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération ;
- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts et de favoriser la diffusion de l'oxygène.

[15]

Avantage:

- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO_5 , 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.

Inconvénients:

- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser ;
- Consommation énergétique importante ;
- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;
- Sensibilité aux surcharges hydrauliques. [60]

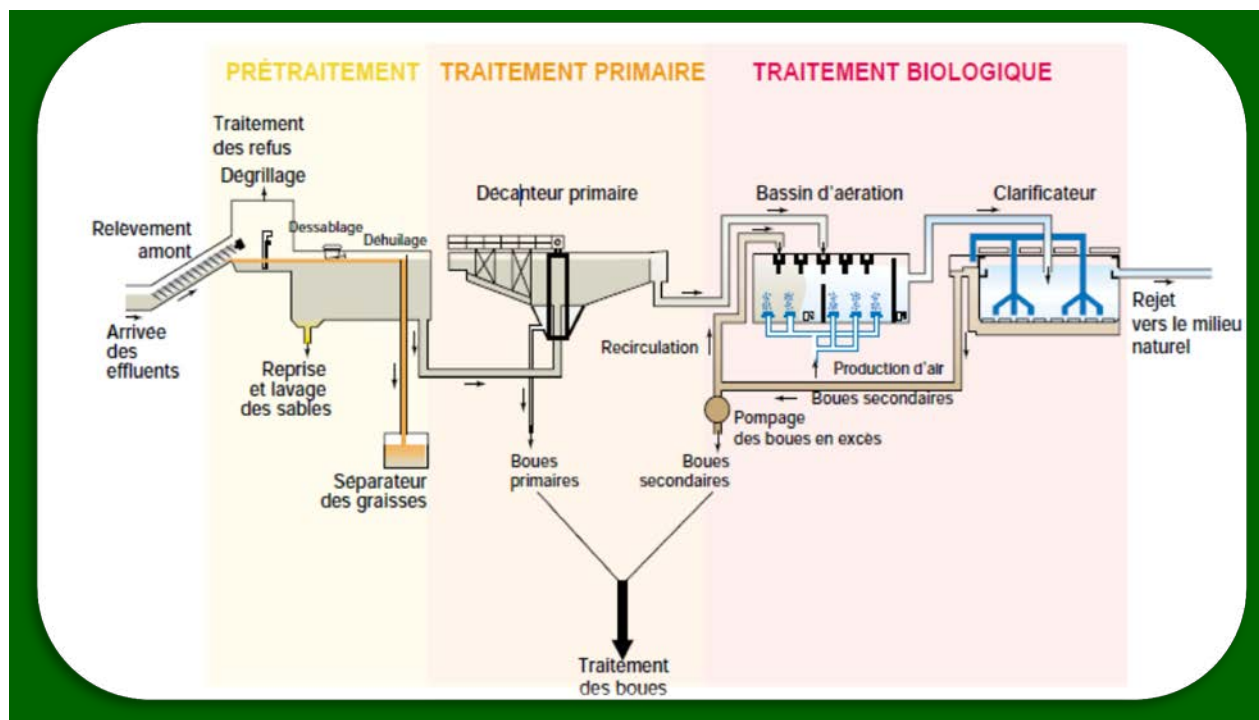


Figure 19: principe de traitement biologique [43]

III.5.3.2. Lit bactérien:

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat.

La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (à fin de permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès).

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*). [27]

Avantage:

- Généralement bien adapté pour des collectivités de taille inférieure à 10.000 EH ;
- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- Peut être installé en amont d'une station à boues activées afin de déconcentrer les Effluents du type agroalimentaire ;
- Bonne décantabilité des boues ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées.

Inconvénients:

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées ;
- coûts d'investissement assez élevé ;
- nécessité de prétraitements ;
- Sensibilité au colmatage et au froid ;
- Source de développement d'insectes ;
- Boues fermentescibles. [49]

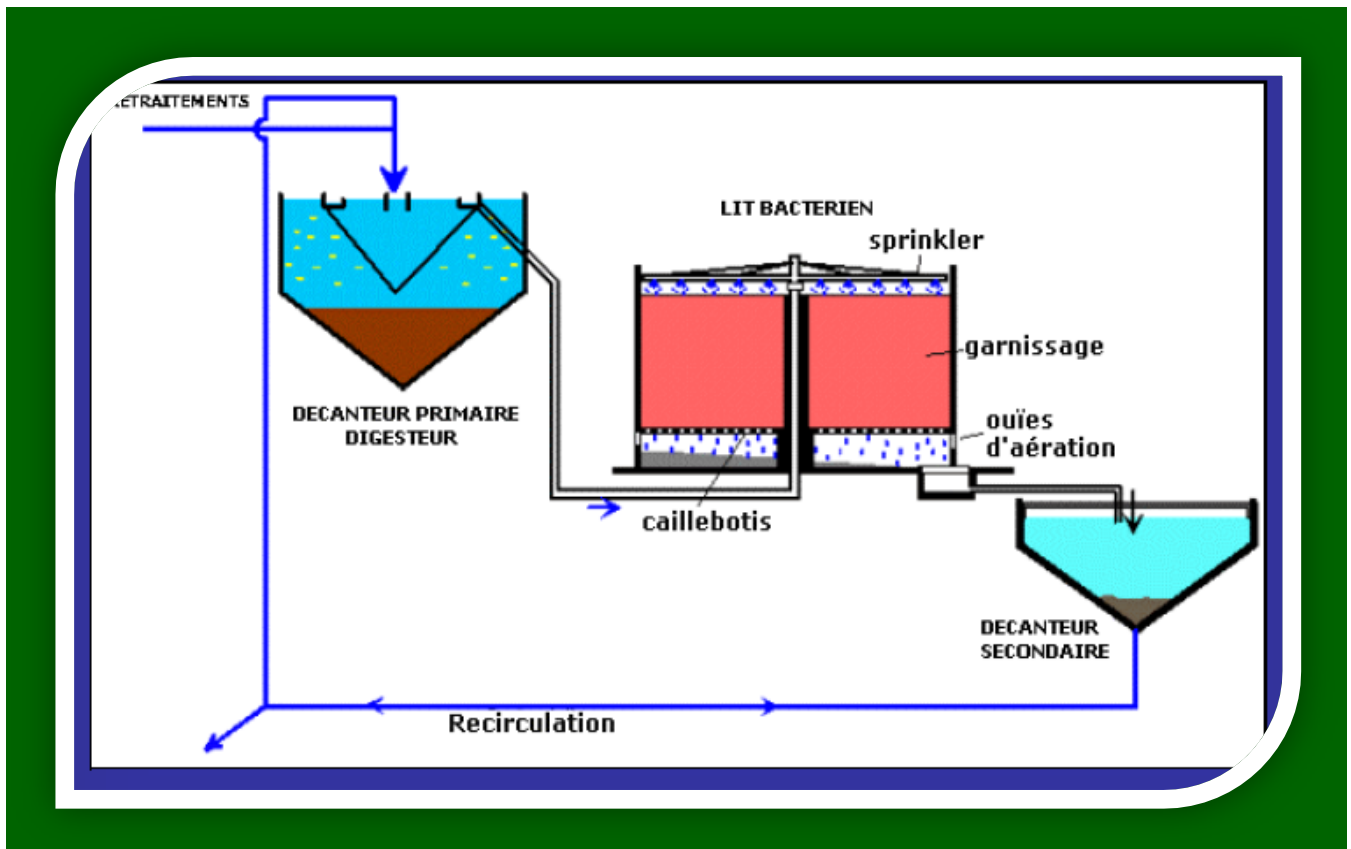


Figure 20 : Lit bactérien [49]

III.5.3.3. Disques biologiques:

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant leur rejet dans le milieu naturel. [49]

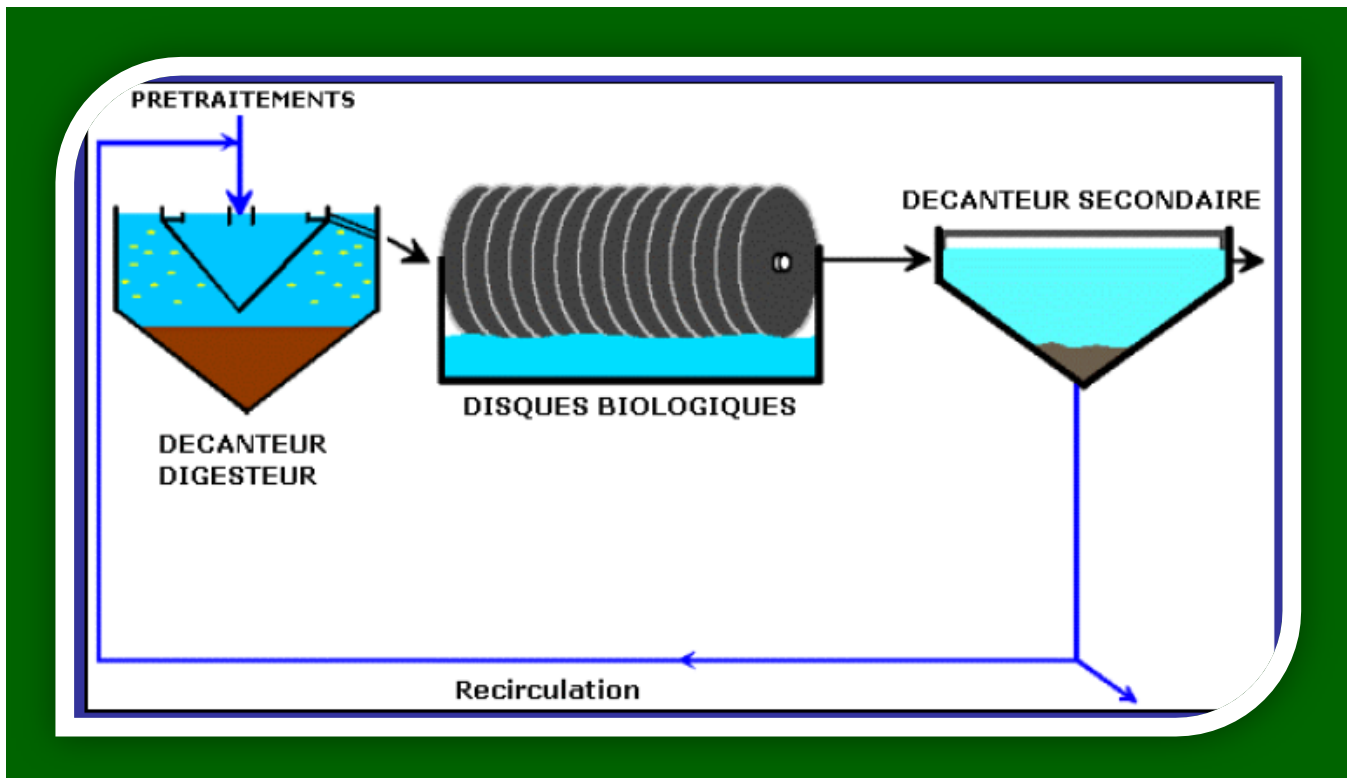


Figure 21: Disques biologiques [49]

❖ **Avantage:**

- Bonne décantation des boues ;
- Généralement adaptés pour les petites collectivités ;
- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charge que la technique des boues activées ;

❖ **Inconvénients:**

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;
- Coûts d'investissement importants ;
- Grande sensibilité aux variations de température ce qui crée une obligation de couverture ;
- Boues putrescibles. [49]

III.6. **Traitement par lagunage:**

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'auto-épuration. Ce qui permet de stimuler en amplifiant l'action autoépuratrice des étangs ou des lacs. La pollution est alors dégradée par l'activité bactérienne, l'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales. Il permet une épuration à charges organique élevées, une bonne élimination de l'azote et du phosphore, ainsi qu'une faible production de boues en excès, mais nécessite des superficies importantes et un contrôle d'exploitation rigoureux. [61]

Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

III.6.1. Lagunage naturel:

Le lagunage naturel est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu. [62]

Principe de fonctionnement

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3. Cependant, utiliser une configuration avec 4 voire 6 bassins permet d'avoir une désinfection plus poussée. Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes". Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau. [63]

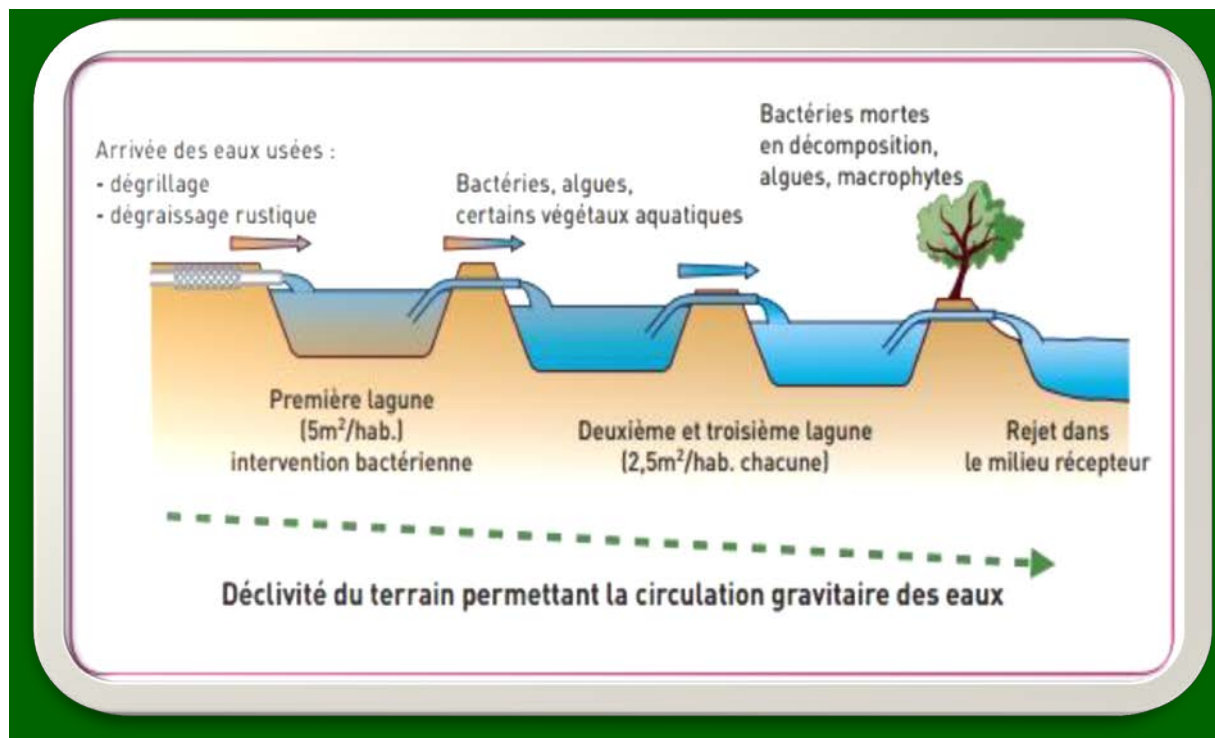


Figure 22: Schéma de lagunage naturel [43]

❖ **Avantages techniques:**

- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable ;
- L'exploitation reste légère, mais si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement ;
- Élimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote ;
- Très bonne élimination des germes pathogènes ;
- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;
- Pas de construction "en dur", le génie civil reste simple ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Absence de nuisance sonore ;
- Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles présentes en tête du premier bassin) et faciles à épandre sur sol agricole.

❖ **Inconvénients techniques:**

- Grande emprise au sol ;
- Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol ;
- Performances pouvant être altérées en DBO₅, DCO et MES par la présence d'algues verte (ces chlorelles sont toutefois moins néfastes pour le milieu naturel qu'une source de pollution domestique) ;
- Procédé inadapté pour le traitement des effluents non domestiques (si non dégagements d'odeurs) ;

- Maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires. [64]

III.6.2. Lagunage aéré:

Le lagunage aéré se caractérise par un bassin de traitement dans lequel la charge biodégradable d'un effluent est détruite par voie bactérienne, une partie au moins de ce traitement étant réalisée en aérobiose grâce à un apport d'oxygène dissous dans l'eau artificiellement (aérateurs mécaniques, insufflation d'air, e t c.). **Il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne.**

Pour les installations de faible taille, le traitement secondaire se compose généralement de deux lagunes :

- la lagune d'aération:

Dans laquelle se réalisent l'aération, la croissance et la stabilisation partielle de la culture bactérienne et l'essentiel de l'attaque de la charge biodégradable.

- la lagune de décantation:

Dans laquelle les matières décantables (qui forment les boues) se séparent physiquement de l'eau épurée.

On distingue classiquement deux types de lagunes d'aération définissant ainsi :

- le lagunage aéré aérobie (ou lagunage aéré stricto sensu):

Dans la lagune d'aération l'énergie de brassage est suffisante pour qu'aucun dépôt ne se forme.

- le lagunage aéré aérobie - anaérobie « facultatif:

La puissance de brassage de la lagune d'aération est insuffisante pour éviter les dépôts. Théoriquement, un équilibre du niveau des boues en chaque point se réalise. Ces dépôts sont évidemment en anaérobiose. De fait, l'équilibre du niveau des boues est instable, divers phénomènes intervenant (remontée de boues due à une accélération de la production de gaz, resolubilisation d'une partie des dépôts,...). [65]



Figure 23 : Lagunage aéré [10]

III.6.3. Grands mécanismes des lagunages aérés:

✓ Dans l'**étage d'aération**, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées). [63]

Les espèces varient en quantité et en nature selon les caractéristiques du milieu: nature des effluents à traiter, charge organique, conditions climatiques, profondeur d'eau. [66]

Le principe du lagunage pour le traitement des eaux usées est essentiellement fondé sur l'action conjuguée des algues et des bactéries. [67]

✓ Dans l'**étage de décantation**, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage.

En lagunage aéré, la population bactérienne sans recirculation conduit :

- à une densité de bactéries faible et à un temps de traitement important pour obtenir le niveau de qualité requis ;
- à une floculation peu importante des bactéries, ce qui contraint à la mise en place d'une lagune de décantation largement dimensionnée. [63]

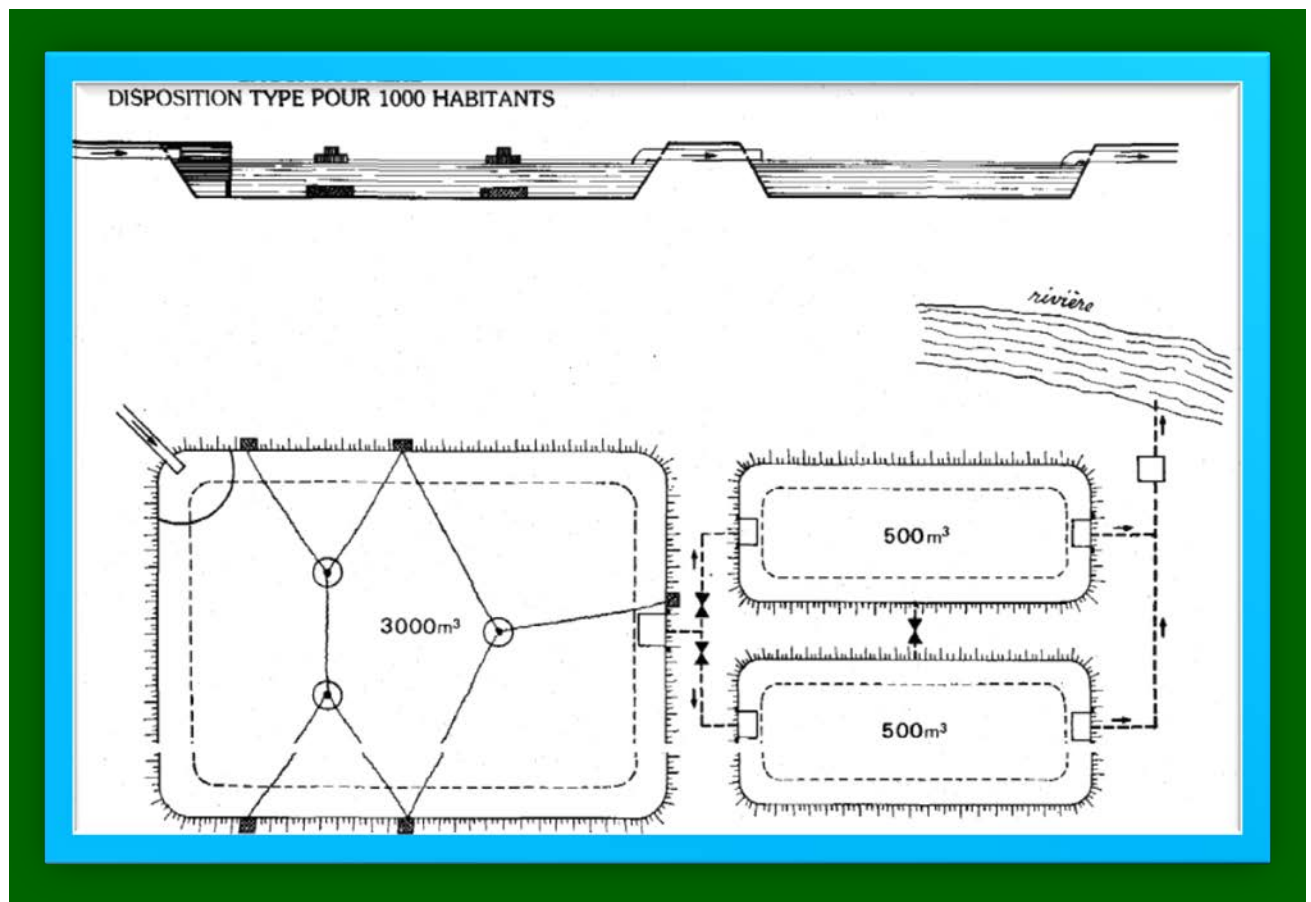


Figure 24: principe d'un lagunage aéré (d'après agence de l'eau de, CTGREF)
[65]

III.6.4. Paramètres et Bases de dimensionnement des lagunes aérées:

Choix des terrains:

Il faut prévoir une surface comprise entre $1,5$ à 3 m^2 par usager.

Lagune d'aération:

Tableau 18 : Base de dimensionnement pour les lagunes aérées [63]

Paramètre	Base de dimensionnement
Temps de séjour	20 jour (temps de séjour réduit, en fait, à une quinzaine quelques années de fonctionnement suite au volume occupé par les dépôts de matières en suspension => il ne faut donc pas chercher à réduire ce temps de séjour lors de la conception).
Volume	3 m ³ par usager desservi.
Profondeur	2 à 3,50 m avec des aérateurs de surface (les turbines rapides de 4 KW correspondent à des profondeurs de l'ordre de 2,5 m, celles de 5,5 KW sont utilisées avec des profondeurs comprises entre 2,5 et 3). > 4,00 m possible avec insufflation d'air.
Forme du bassin	Un carré autour de chaque aérateur.
Puissance spécifique d'aération	Les besoins en oxygène sont de l'ordre de 2 kg O ₂ / kg DBO ₅ . Pour limiter les dépôts à un volume ne perturbant pas le traitement et, par ailleurs, prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs et d'utiliser une puissance comprise entre 5 et 6 W/m ³ . En fonctionnement, il est toujours possible de réduire le temps de marche de ces aérateurs de puissance moindre, ce qui permet de limiter les surcoûts de fonctionnement.

Lagunes de décantation:

Le bassin de forme allongée aura 5 jours de temps de séjour théorique avec une profondeur utile de 2 m environ. On le cure lorsque les boues laissent une tranche de surnageant de 1 m, c'est-à-dire, dans le cas présent, occupent la moitié du volume. Un temps de séjour (théorique) inférieur à 2 jours, avec des boues de lagunage aéré, entraîne une dégradation de la qualité de l'effluent.

Deux bassins en parallèle de 3 - 4 jours de temps de séjour au minimum peuvent être prévus, ce qui permet de réaliser les opérations de curage avec beaucoup plus de souplesse, et en gardant constamment un effluent de bonne qualité. Ces lagunes fonctionneront en alternance. [65]

Tableau 19 : Base de dimensionnement pour la lagune de décantation [63]

Paramètre	Base de dimensionnement
Volume	0,6 à 1 m ³ par usager desservi (2 bassins de 0,3 à 0,5 m ³ /EH)
Forme du bassin	Rectangulaire avec un rapport largeur/longueur égal à 2/1 ou 3/1
Profondeur	2 m afin de laisser un mètre d'eau libre avant soutirage des boues.

III.6.5. Mise en œuvre:

A l'inverse du lagunage naturel, l'étanchéité par une géomembrane sera privilégiée afin délimiter les risques de dégradation des berges par le fort batillage de l'eau en mouvement. Encas de réalisation d'une étanchéification naturelle, il convient d'installer sur les berges des matériaux assurant une protection contre le batillage (béton projeté, grillage + enherbage en joncs). La durée de vie de l'ouvrage est en jeu. Quel que soit le mode de construction retenu, des dalles bétonnées complètent la protection contre les affouillements au droit de la turbine. [68]

III.6.6. Choix du site de la future station par lagunage aéré:

Il n'y a pas de site parfait pour installer une station d'épuration. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte tels que:

- ✓ L'ensoleillement qui contribue à l'opération de la photosynthèse ;
- ✓ Le voisinage, car la station d'épuration doit être éloignée des quartiers d'habitation présents et futurs ;
- ✓ Le milieu récepteur, qui doit être le plus proche possible de la station ;
- ✓ Le prix foncier, qui doit être faible pour les petites communes ;
- ✓ La zone inondable, car la station doit être si possible hors zone inondable ;
- ✓ L'accessibilité. Si possible, la station doit être à proximité d'une route ou d'un chemin ;
- ✓ Et la topographie, car l'eau doit s'écouler par gravité jusqu'à la station. [52]

III.6.7. Equipements électromécaniques des lagunes aérées:

Les équipements électromécaniques seront constitués par les dispositifs d'aération des bassins qui assurent également l'homogénéisation.

Dans la plupart des cas, on optera pour des aérateurs de surface. Compte tenu de la gamme classique des équipements disponibles. La mise en oeuvre de plusieurs turbines permet de minimiser les conséquences d'une panne éventuelle, et de mieux répartir l'énergie de brassage dans la lagune. Ces turbines seront maintenues par trois ou quatre élingues en acier ou en tergal fixées à des plots en béton situés dans les digues.

La protection contre raffouillement susceptible de nuire à l'étanchéité des bassins sera assurée par des plaques de béton disposées dans le fond à l'aplomb des aérateurs.

Lorsque l'insufflation d'air se justifiera, notamment dans le cas des lagunes profondes ($h < 4$ m), la puissance du surpresseur sera sensiblement identique à celles des turbines. On prendra dans ce cas le soin de bien insonoriser le local abritant cet appareil particulièrement bruyant.

Le temps de fonctionnement des aérateurs doit être défini en fonction des besoins en oxygène. [68]



Figure 25 : Turbine de surface à vitesse lente (immersion insuffisante) [49]



Figure 26 : Vue de l'aérateur Centrox d'une puissance de 5,5 kW [69]



Figure 27 : Lit de séchage



Figure 28: Aire de stockage de boues

III.6.8. Performances du lagunage aéré:

Le lagunage aéré est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau des charges oxydables (90%). Au niveau de l'azote ammoniacal et des orthophosphates, les performances sont plus limitées, de l'ordre de 45 %. Les performances sont fonction de la température (activité des micro-organismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes **AERM, 2007**. Selon **Diette et Vimont (2007)** le lagunage à haut rendement nécessite une action associée des bactéries et des cultures intensives d'algues.

Le lagunage produit une quantité de boues stabilisées (**Mansous, 2010**). D'après **Ecosite (2009)** la nécessité de curage des boues, qui sont facilement valorisables, est peu fréquente (Environ une fois tous les 10 ans).

Les coûts d'investissement dépendent du prix du terrain et de la nature du sol.

Cependant, le lagunage reste une technique épuratoire efficace (Azote, Phosphate, DBO5, DCO, germes pathogènes) bon marché, ne nécessitant pas des constructions dure et coûteuses où les coûts d'exploitations sont faibles et s'intégrant parfaitement au paysage. [63]

✚ Avantages Techniques:

Ce procédé est particulièrement tolérant à de très nombreux facteurs qui engendrent, en général, de très sérieux dysfonctionnements dans les procédés d'épuration classiques:

- Variation de charges hydrauliques et/ou organiques importantes ;
- Effluents très concentrés ;
- Effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées) ;
- Traitements conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables ;
- Bonne intégration paysagère ; _ boues stabilisées ; _ curage des boues tous les deux ans.

Inconvénients Techniques:

- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ;
- Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent Spécialisé ;
- Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ;
- Forte consommation énergétique. [66]

Ce procédé de traitement présente les principaux inconvénients suivants:

- Des contraintes de nature et de sol et d'étanchéité ;
- Une variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ;
- Une élimination de l'azote et de phosphore incomplète ;
- Des difficultés d'extraction des boues ;
- L'impossibilité d'effectuer des réglages en exploitation.

Par ailleurs le mauvais fonctionnement et l'entretien d'un bassin de lagunage peut produire des odeurs et entraîner le rejet d'un effluent mal épuré qui pourra avoir un effet nocif sur la vie aquatique dans les cours d'eau récepteur. [72]

III.7. Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage

Le microclimat est le climat local auquel sont soumises les lagunes, il résulte de l'action de plusieurs facteurs qui jouent un rôle important dans l'implantation du lagunage naturel ; ce sont principalement :

III.7.1. Durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement:

La durée du jour conditionne, dans une certaine mesure, la vitesse de multiplication du phytoplancton. L'intensité de l'ensoleillement a une influence sur l'activité photosynthétique des végétaux. Si le ciel reste couvert pendant plusieurs jours, surtout en été alors que le phytoplancton est abondant, la production de l'oxygène due à la photosynthèse pendant la journée devient moins importante, ce qui risque d'entraîner une désoxygénation passagère. [73]

III.7.2. Température:

Les écarts de température exercent une influence sur le bon fonctionnement des systèmes de lagunage naturel. La croissance des algues est favorisée par une température élevée. Lorsqu'ils sont bien ensoleillés et bien oxygénés, les bassins aérobies ne dégagent pas d'odeur. Un ciel nuageux, plusieurs jours de suite, affaiblit le phénomène de photosynthèse créant ainsi des zones anaérobies dont les produits de fermentation conduisent à de mauvaises odeurs. La température intervient aussi dans le calcul du dimensionnement des installations ; les moyennes mensuelles des cinq dernières années doivent alors être connues ;

III.7.3. Régime des vents dominants dans la région et leur orientation:

Les vents dominants sont ceux dont la direction est la plus fréquente. Ce régime des vents étant connu pour une région donnée, nous permet de fixer l'implantation du système de telle sorte à éviter le rabattement sur les habitations des mauvaises odeurs susceptibles de provenir de l'installation, et de ne pas avoir des effets néfastes sur l'ouvrage (dégradation des digues par batillage) ;

III.7.4. L'évaporation :

L'évaporation est un facteur très important. Elle est très intense en période estivale (10 à 15 mm/j). Conjugée à une infiltration importante, elle peut être néfaste et doit donc être prise en considération lors des calculs de dimensionnement des bassins ;

III.7.5. pluviométrie:

Elle devrait également être connue pour le calcul de la hauteur des digues, afin d'éviter tout risque éventuel d'inondation. [74]

III.8. Traitement tertiaire:

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration classiques; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. On peut donc supposer qu'ils constituent l'aménagement technique minimum d'une station d'épuration en vue d'une réutilisation. [75]

III.8.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV:

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s). L'efficacité du traitement dépend essentiellement de deux paramètres:

- 1) les lampes, doivent être remplacées régulièrement : elles sont usées au bout d'un an et demi. De plus, elles doivent être nettoyées car elles ont tendance à s'encrasser.
- 2) la qualité de l'effluent, dont les MES et certain molécules dissoutes absorbent les UV, ce qui l'efficacité des lampes. [76]

III.9.Critères Technico-Economiques Pour Le Choix De La Variante D'épuration :

III.9.1. Critères techniques:

Les critères qui conditionnent le choix de la variante d'épuration sont:

- Le rendement d'élimination des principaux polluants ;
- La fiabilité du système d'épuration, proprement dit.

III.9.1.1. Rendement d'épuration:

Le tableau suivant résume les rendements d'élimination pour les principaux polluants suivants les procédés de traitement utilisés.

Tableau 20: les rendements d'élimination pour le lagunage [77]

Traitement	MES %	DBO ₅ %	DCO %	N _t %	P _t %	Métal x %	Fiabilité
1. Lagunage naturel	60-75	70-95	80-90	25-40	20-30	20-60	Excellente
2. Lagunage aéré	70-92	65-90	60-85	-	< 20	20-60	Bonne

Il s'avère que l'épuration par lagunage naturel représente un rendement épuratoire plus intéressant.

III.9.1.2 Fiabilité:

Le critère fiabilité d'un système d'épuration est la conséquence d'une analyse statistique effectuée sur des systèmes utilisant le même type de traitement; ainsi il en a résulté le classement suivant:

- 1- Traitement par lagunage naturel.
- 2- Traitement par lagunage aéré.

III.9.2. Critères économiques:

La mise en place d'un système d'épuration nécessite la prise en compte de plusieurs dépenses à réaliser, à savoir:

- L'acquisition du terrain ;
- Les aménagements ;

- Le système d'épuration proprement dit avec les équipements y afférents (canalisations, alimentation en eau, énergie,...) et le personnel d'exploitation. [64]

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a cité les différentes procédés d'épuration des eaux usées brutes par exemple : boues activé, lit bactérienne, disque biologique et on a basé sur les détails du système d'épuration par lagunage aéré. Le lagunage aéré est fortement lié aux conditions climatiques comme la température et les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes qui peuvent ainsi varier selon les saisons. L'emprise au sol est relativement importante, les coûts d'investissement sont non seulement dépendants du prix du terrain, mais également de la nature du sol. Sur un sol perméable, il sera indispensable d'ajouter un revêtement imperméable à savoir la mise en œuvre des couches en argiles et /ou l'utilisation de géomembrane. Et dans ce cas, l'investissement peut s'avérer onéreux, voire difficilement abordable.

CHAPITRE IV

MATERIELS ET

METHODE

IV.1. Introduction

Pour faire un bon choix du procédé d'épuration, et également réussir à bien dimensionner les ouvrages de la station d'épuration des eaux usées par lagunage aéré projeté, il est nécessaire de réaliser au laboratoire des analyses sur l'eau usée brute de la zone d'étude afin de déterminer les différents caractéristiques physico-chimique et bactériologiques qui permettent d'évaluer le niveau de pollution et le risque engendré par ces effluents.

Nous allons donner dans ce chapitre un aperçu sur les différents appareils et méthodes d'analyses utilisées.

IV.2. Objectif principale:

L'objectif principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées de la commune de ferdjioua afin de savoir les paramètres physico-chimiques des eaux usées testées, et prévoir également la faisabilité de l'épuration par un système d'épuration par lagunage aéré de ces eaux. [2]

IV.3. Prélèvement et échantillonnage:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être représentatif, homogène, et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (température, oxygène dissous, matières en suspension, DBO₅, DCO, conductivité). Le transport des échantillons d'eau usée est effectué en glacière. [2]

IV.4. Matériels et méthodes d'analyses

Pour déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées aux principaux points de rejet, les caractéristiques physico-chimiques étudiées sont les suivants:

- Température ;
- la matière en suspension (MES) ;
- la demande chimique en oxygène (DCO) ;
- la demande biologique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅) ;
- PH ;
- conductivité électrique ;
- La détermination de l'oxygène dissous. [2]

IV.5. Détermination des paramètres physiques

IV.5.1. pH et Température

A. **Appareil** : pH Mètre (pH 510) ;

B. **Electrode**: Electrode de pH combiné.



Photo 01: pH-mètre (pH 510)

C. Mode opératoire

- Allumer le pH Mètre ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre dans un petit bêcher, la solution tampon pH = 7 ;
- Régler l'agitation à faible vitesse ;
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7 ;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2 ;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée ;
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 où pH = 4 ;
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée. [3]

D. Dosage de l'échantillon:

- Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le pH. [3]

IV.5.2. conductivité électrique

A. Principe

La conductivité électrique 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 conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S/cm}$).

La température influe également sur la conductivité parce que la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température.

B. L'appareil utilisé: Conductimètre terminal 740 WTW. [2]

C. Matériel: Conductimètre (Terminal 740). [2]



Photo 02: Conductivité-mètre (Terminal 740)

D. Mode opératoire

- Vérifier le calibrage de l'appareil ;
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser ;
- Lire la conductivité et la salinité et la température lorsqu'il stabilise ;
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée. [3]

E. Expression des résultats

La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S/cm}$). [3]

IV.5.3. Matières en suspension (MES)

A. Matériel utilisé

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;

- Etuve chauffée (105°C) ;
- Balance (0.001 g de précision);
- Le dessiccateur. [2]



Photo 03: Etuve chauffée

Photo 04: Dessiccateur



Photo 05: Ensemble de filtration



Photo 06: Balance électrique (TP-303)

B. 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 quelques minutes après l'étape précédente ;
- 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 le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates 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). [3]

C. Expression des résultats:

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

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

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

V : Volume de la prise d'eau en (ml). [2]

IV.6. Détermination des paramètres chimiques

IV.6.1. Oxygène dissous

A. Principe

La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression de l'air et de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologique de la dégradation de la matière organique présente dans l'eau ou une production d'oxygène par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes afin de déterminer la teneur en oxygène des eaux testées.

B. L'appareil utilisé

Oxy-mètre INOLABO-OXI 730 WTW. [3]



Photo 07: Oxy-mètre (INOLABO-OXI 730 WTW)

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 résultats: Le résultat est donné directement en mg/l. [3]

IV.6.2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

A. Principe

L'échantillon d'eau usée brute est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relié à un manomètre à mercure au cours de la biodégradation des substances organiques. Les micro-organismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon entraînant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon.

Cette dépression est transmise au manomètre à mercure et la consommation en oxygène est lue sur l'échelle monométrique. [2]

B. Appareillages

- Matériel courant de laboratoire ;
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 150 ml ;
- Enceinte réglable à 20° C ;
- Matériel nécessaire pour le passage de l'oxygène dissous. [2]



Photo 08: DBO-mètre

C. Mode opératoire

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de DBO ;
- Mettre le volume de l'eau usée (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 DBO ;
- Régler la DBO à partir de la gamme ;
- Appuyer sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changer le programme ;
- Appuyer sur le bouton (A) pour régler la gamme ;
- Appuyer sur bouton (B) jusqu'à l'affichage de (00).

D. Expression des résultats: Lecture de la valeur après 5 jours

$DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{lecture} \times \text{facteur. [3]}$

IV.6.3. Demande chimique en oxygène (DCO)**A. Principe:**

Dans des conditions définies, certaines substances contenues dans l'eau usée brute sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium. [3]

B. Matériel utilisé:

- Thermo réacteur (CR 2200) ;
- Spectrophotomètre ;
- Réactifs: Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO). [3]



Photo 09: Spectrophotomètre

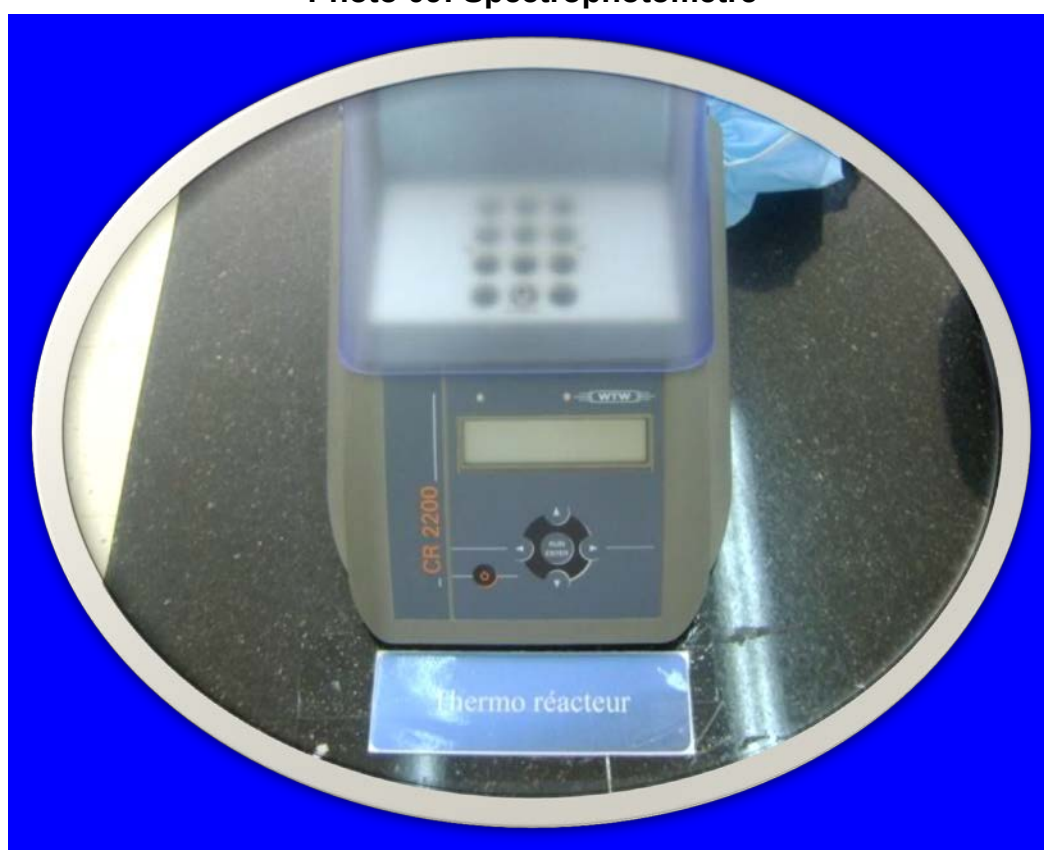


Photo 10: Thermo réacteur (CR 2200)

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°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 mesuré est longtemps stable).

D. **Expression des résultants:** Le résultat est donné directement en mg/l. [3]

IV.7. Interprétation des résultats:**IV.7.1. Résultats:**

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques obtenus sont résumés dans le tableau (21) suivant:

Tableau 21: Résultats des analyses

Paramètres	Unité	Echantillon (01)	Echantillon (02)	La moyenne	Normes Algériennes
PH		7,74	7,66	7,7	6,5-8,5
Conductivité	(μ s/cm)	3980	3500	3740	-
O ₂ Dissous	(mg/l)	0,02	0,91	0,46	5
Température	°C	12,2	10,6	11,4	30
Matière en suspension	(mg/l)	182.4	73.2	127,8	35
DBO ₅	mg O ₂ / l	380	-	-	35
DCO	mg O ₂ / l	507	-	-	120
DCO/ DBO ₅	-	1,33	-	-	-

IV.7.2. Interprétation:

Les résultats d'analyse physico-chimiques que nous avons obtenu sur l'eau usée brute de la commune de ferdjioua, nous permettent d'apporter les interprétations suivantes:

IV.7.2.1. Paramètre physique

➤ Potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs obtenues du pH montrent que l'eau usée brute étudiée a une valeur de pH caractéristique des eaux usées urbaines et est propice à une bonne épuration biologique.

➤ Température

La température de l'eau usée analysée varie de 10,6 °C et 12,2 °C, ceci est lié à la période et l'heure du prélèvement, néanmoins les valeurs de la température enregistrées sont raisonnables vu qu'elle est inférieure à la valeur limite (30°C), indiquée aux normes algériennes (tableau 21).

➤ Conductivité

Les valeurs obtenues de la conductivité de l'eau usée testée varient de 3980 μ s/cm et 3500 μ s/cm respectivement pour le premier et le deuxième prélèvement.

➤ Matières en suspension (MES)

Les valeurs des concentrations que nous avons obtenu de matière en suspension (MES) de l'eau usée analysée sont varient de 182,4 mg/l et 73,2 mg/l respectivement pour le premier et le deuxième prélèvement. Ces valeurs sont beaucoup plus supérieures à la concentration limites indiquée aux normes algériennes (tableau 21).

IV.7.2.2. Paramètre chimiques

➤ Oxygène dissous

Les résultats obtenus et présentés dans le tableau 21 montrent clairement que la concentration moyenne de l'oxygène dissous (0,46 mg O₂ / l) est très inférieure à la valeur limite de ce paramètre chimique (5 mg O₂ / l).

➤ La demande biochimique en oxygène (DBO₅):

La valeur de la teneur en DBO₅ obtenue est de 380 mg O₂/l, ceci représente la mesure de la quantité totale de contamination organique dégradable biologiquement. L'analyse de ce résultat, nous permis de dire d'une part que cette concentration de DBO₅ est conforme aux concentrations limites des eaux usées (150 – 500 mg O₂ / l) et de l'autre part, elle dé assent largement la norme Algérienne (35 mg O₂/l).

➤ La demande chimique en oxygène (DCO)

La concentration de la DCO de l'eau usée analysée est inférieure à la valeur limite des teneurs des eaux usées domestiques (1000 mgO₂/l). Nous avons enregistré une valeur égale à 507 mg/l, ce qui indique que les eaux usées testées sont chargées en substances organiques biodégradables et non biodégradables.

➤ **Coefficient de La biodégradabilité (DCO/ DBO₅)**

La valeur du coefficient de La biodégradabilité (DCO/ DBO₅) est inférieure à 1.5, Cela signifie que les matières organiques sont constituées en grande partie des substances fortement biodégradables.

IV. 8. Conclusion

L'évaluation de la quantité et la qualité des eaux usées testées arrivant à la station d'épuration projetée dépend fortement du prélèvement de l'échantillon d'eau usée brute. Au laboratoire, l'analyste identifie les échantillons et applique rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresse ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Le rapport de biodégradabilité (DCO /DBO₅) calculé est inférieur à 1,5. Ce qui montre bien la nature urbaine de ces eaux et indique d'une façon claire que la majorité des substances organiques présentes dans ces eaux sont de nature biodégradables. Alors le traitement biologique par lagunage aéré sera possible.

CHAPITRE V
DIMENSIONNEMENT DE
LA STATION
D'EPURATION PAR
LAGUNAGE AERE

V.1. Introduction

Le traitement envisagé est basé sur le principe de l'épuration biologique par lagunage aéré. Ce dernier consiste à faire séjourner l'eau usée dans deux bassins durant un temps permettant le développement d'une flore bactérienne et d'assurer un bon rendement du système d'épuration,

Dans le présent chapitre, nous présenterons la note de calcul pour le dimensionnement de la station de lagunage aéré de la zone étudiée, en se basant sur l'estimation des débits à évacués à l'horizon de l'étude et la charge polluante présente dans ces les eaux usées testées.

V. 2. Dimensionnement de la station d'épuration

V.2.1. Évolution des débits des eaux usées:

Le débit des eaux usées évacué par le réseau d'assainissement représente 80 % des consommations en eau potable.

V.2.2. Estimation de la population:

L'accroissement de la population a été estimé selon un taux d'accroissement moyen de l'ordre de 1.29%. Les données de base employée pour le calcul de l'évolution théorique de la population sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau 22 : Données de base pour l'estimation de nombre d'habitants futur.

Paramètre	Valeurs
Population au dernier recensement (2015)	54879 (hab)
Taux d'accroissement	1.29%
Horizons de l'étude à moyen terme	2030
Horizons de l'étude à long terme	2043

L'accroissement de la population de commune aux horizons via la formule suivante :

$$P_N = P_0(1 + T)^n$$

Avec :

PN: Population à l'horizon de l'étude.

P0 : Population de référence.

n : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'année prise en compte.

T : Taux d'accroissement en %.

➤ Calcul de la population pour l'année 2030:

✓ Application numérique

$$P_{2030} = 54879 (1 + 1,29/100)^{15} = 66513 \text{ habitants.}$$

$$P_{2030} = 66513 \text{ habitants.}$$

➤ **Calcul de la population pour l'année 2043:**

$$P_{2043} = 66513 (1 + 1,29/100)^{13} = 78573 \text{ habitants.}$$

$$P_{2043} = 78573 \text{ habitants.}$$

L'évolution théorique de la population à l'horizon envisagé est représentée dans la suivante :

Tableau 23: Évolution de nombre d'habitants de Ferdjioua.

Horizons	2015	2030	2043
Population (Hab)	54879	66513	78573

V.2.3. Estimation des débits des eaux usées :

 Année 2015

• **Débit moyen journalier:**

$$Q_{moy.j} = \frac{D \cdot N_p}{1000}$$

Avec :

D : la dotation en eau moyenne par un habitant l/j, **D = 200 l/j/hab.**

N_p: la population de l'horizon de l'étude.

✓ **Application numérique :**

$$Q_{moy.j \ 2015} = \frac{200 \cdot 54879}{1000} = 10975,8 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{moy.j} = 10975,8 \text{ m}^3/\text{j}$$

• **Débit moyen journalier majoré (taux de fuite adapté 15%):**

$$Q_{moy.j \ maj} = Q_{moy.j} + 15\% Q_{moy.j} = 1,15 \cdot Q_{moy.j}$$

Avec :

Q_{moy.j}: débit moyen journalier.

Q_{moy.j maj} : débit moyen journalier majoré.

✓ **Application numérique**

$$Q_{moy.j \ maj} = 10975,8 \cdot 1,15 = 12622,17 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{moy.j \ maj} = 12622,17 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Calcul le Débit totale :**

$$Q_{totale} = Q_{moy.j \ maj} + Q_{équipement}$$

$$Q_{\text{équipement}} \text{ à } 15\% Q_{\text{moy.j}}$$

Avec :

Q_T : débit totale.

$Q_{\text{équipement}}$: débit de l'équipement.

$Q_{\text{moy.j}}$: débit moyen journalier.

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{équipement}} = 0,15 \cdot 10975,8 = 1646,37 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{équipement}} = 1646,37 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_T = 12622,17 + 1646,37 = 14268,54 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_T = 14268,54 \text{ m}^3/\text{j} = 165,15 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul le débit de pointe:**

$$Q_P = K_P \cdot Q_T$$

Avec :

Q_P : débit de pointe.

K_P : coefficient de pointe.

Q_T : débit totale.

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{Q_{\text{moy}}}) \text{ (l/s)}.$$

✓ **Application numérique**

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{14268,54 \cdot \frac{1000}{86400}}) = 1,69$$

$$K_P = 1,69$$

$$Q_P = 1,69 \cdot 14268,54 = 24113,83 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_P = 24113,83 \text{ m}^3/\text{j} = 279,09 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul le débit moyen des eaux usées à temps sec:**

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = Q_T \cdot K$$

Avec :

$Q_{\text{moy eaux usés}}$: débit moyen des eaux usées.

$Q_{\text{moy T}}$: débit moyen totale.

K : coefficient des eaux usées : $K = 0,8$

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = 14268,54 \cdot 0,8 = 11414,83 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moyeauxusés}} = 11414,83 \text{ m}^3/\text{j} = 132,12 \text{ l/s}$$

➤ Calcul le débit de pointe des eaux usées à temps sec:

$$Q_{PTS} = Q_p \cdot k$$

Q_p : débit de pointe.

K : coefficient des eaux usées.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ Application numérique

$$Q_{PTS} = 24113,83 \cdot 0,8 = 19291,06 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{PTS} = 19291,06 \text{ m}^3/\text{j} = 223,28 \text{ l/s} = 0,223 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Calcul le débit des eaux usées à temps de pluies:

$$Q_{moyT} = Q_{moyTS} + 2Q_{moyTS} = 3Q_{moyTS}$$

Avec :

Q_{moyTS} : débit moyen des eaux usées à temps sec.

Q_{moyT} : débit moyen totale.

✓ Application numérique:

$$Q_{moyT} = 3 \cdot 11414,83$$

$$Q_{moyT} = 34244,49 \text{ m}^3/\text{j} = 396,348 \text{ l/s}$$

➤ Calcul le débit totale de pointe:

$$Q_{TP} = Q_{PTS} + 2Q_{PTS} = 3Q_{PTS}$$

Avec :

Q_{TP} : débit totale de pointe.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ Application numérique

$$Q_{TP} = 3 \cdot 19291,06 = 57873,18 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{TP} = 57873,18 \text{ m}^3/\text{j} = 669,828 \text{ l/s}$$

• Débit moyen horaire (Q_m):

C'est le débit moyen observé au cours de la journée à l'arrivée de la station d'épuration exprimé par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_{moyT}}{24} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Avec:

$Q_{\text{moy T}}$: Débit moyen totale (m^3/j).

✓ **Application numérique**

$$Q_m = \frac{14268,54}{24} = 594,522 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

$$Q_m = 594,522 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

• **Débit max (Q_{max}):**

Le réseau d'assainissement de notre cas est de type unitaire pour cela le débit max est égale au débit par temps de pluie:

Le taux de dilution est varié entre 2 à 5 (on prend un taux de dilution de 2 fois), alors:

$$Q_{\text{max}} = 3Q_m \text{ (m}^3/\text{h)}$$

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{max}} = 3 \cdot 594,522 = 1783,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{max}} = 1783,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

• **Calcul de la capacité de la station (équivalent habitant):**

Un équivalent habitant correspond à la population quotidienne que génère un individu. C'est une unité conventionnelle pour mesurer la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour.

$$N_{EH} = \frac{Q_{\text{moy TS}}}{q} \text{ (Hab ou EH)}$$

Avec :

N : capacité de la station d'épuration de la commune de ferdjioua (en EH).

$Q_{\text{moy TS}}$: débit moyen des eaux usées à temps sec.

$q = D \times \text{taux de réduction (80\%)}$.

Ou: D : dotation ($\text{m}^3/\text{hab}/\text{j}$).

✓ **Application numérique**

$$q = (200 / 1000) \cdot 0,80$$

$$q = 0,16 \text{ m}^3/\text{hab} / \text{j}.$$

$$N_{EH} = \frac{11414,83}{0,16} = 71342,68 \text{ Hab}$$

$$N_{EH} = 71342,68 \text{ Hab soit } N_{EH} = 71400 \text{ Hab.}$$

Année 2030

- Débit moyen journalier:

$$Q_{moy.j} = \frac{D \cdot N_p}{1000}$$

Avec :

D : la dotation en eau moyenne par un habitant l/j, D = 200 l/j/hab.

N_p: la population de l'horizon de l'étude.

- ✓ Application numérique

$$Q_{moy.j\ 2030} = \frac{200 \cdot 66513}{1000} = 13302,6\ m^3/j$$

$$Q_{moy.j} = 13302,6\ m^3/j$$

- Débit moyen journalier majoré (taux de fuite adapté 15%):

$$Q_{moy.j\ maj} = Q_{moy.j} + 15\% Q_{moy.j} = 1,15 \cdot Q_{moy.j}$$

Avec :

Q_{moy.j}: débit moyen journalier.

Q_{moy.j maj}: débit moyen journalier majoré.

- ✓ Application numérique

$$Q_{moy.j\ maj} = 13302,6 \cdot 1,15 = 15297,99\ m^3/j$$

$$Q_{moy.j\ maj} = 15297,99\ m^3/j$$

➤ Calcul le Débit totale :

$$Q_{totale} = Q_{moy.j\ maj} + Q_{équipement}$$

Q_{équipement} est pris 15% du Q_{moy.j}

Avec :

Q_T: débit totale.

Q_{équipement}: débit de l'équipement.

Q_{moy.j}: débit moyen journalier.

- ✓ Application numérique

$$Q_{équipement} = 0,15 \cdot 13302,6 = 1995,39\ m^3/j$$

$$Q_{équipement} = 1995,39\ m^3/j$$

$$Q_T = 15297,99 + 1995,39 = 17293,38\ m^3/j$$

$$Q_T = 17293,38 \text{ m}^3/\text{j} = 200,15 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul le débit de pointe:**

$$Q_P = K_P \cdot Q_T$$

Avec :

Q_P : débit de pointe.

K_P : coefficient de pointe.

Q_T : débit totale.

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{Q_{\text{moy}}}) \text{ (l/s)}.$$

✓ **Application numérique**

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{17293,38 \cdot \frac{1000}{86400}}) = 1,67$$

$$K_P = 1,67$$

$$Q_P = 1,67 \cdot 17293,38 = 28879,94 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_P = 28879,94 \text{ m}^3/\text{j} = 334,26 \text{ l/s}$$

• **Débit moyen horaire (Q_m):**

C'est le débit moyen observé au cours de la journée à l'arrivée de la station d'épuration exprimé par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_{\text{moy}T}}{24} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Avec:

$Q_{\text{moy}T}$: Débit moyen totale (m^3/j).

✓ **Application numérique**

$$Q_m = \frac{17293,38}{24} = 720,55 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

$$Q_m = 720,55 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

• **Débit max (Q_{max}):**

Le réseau d'assainissement de notre cas est de type unitaire pour cela le débit max est égale au débit par temps de pluie:

Le taux de dilution est varié entre 2 à 5 (on prend un taux de dilution de 2 fois), alors:

$$Q_{\text{max}} = 3Q_m \text{ (m}^3/\text{h)}$$

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{max}} = 3 \cdot 720,55 = 2161,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{max}} = 2161,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ Calcul le débit moyen des eaux usées à temps sec:

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = Q_T \cdot K$$

Avec :

$Q_{\text{moy eaux usés}}$: débit moyen des eaux usées.

$Q_{\text{moy T}}$: débit moyen totale.

K : coefficient des eaux usées : $K = 0,8$

✓ Application numérique

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = 17293,38 \cdot 0,8$$

$$Q_{\text{moyeauxusés}} = 13834,704 \text{ m}^3/\text{j} = 160,12 \text{ l/s}$$

➤ Calcul le débit de pointe des eaux usées à temps sec:

$$Q_{PTS} = Q_p \cdot k$$

Q_p : débit de pointe.

K : coefficient des eaux usées.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ Application numérique

$$Q_{PTS} = 28879,94 \cdot 0,8 = 23103,95 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{PTS} = 23103,95 \text{ m}^3/\text{j} = 267,41 \text{ l/s} = 0,267 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Calcul le débit des eaux usées à temps de pluies:

$$Q_{\text{moyT}} = Q_{\text{moy TS}} + 2Q_{\text{moy TS}} = 3Q_{\text{moy TS}}$$

Avec :

$Q_{\text{moy TS}}$: débit moyen des eaux usées à temps sec.

$Q_{\text{moy T}}$: débit moyen totale.

✓ Application numérique

$$Q_{\text{moyT}} = 3 \cdot 13834,704 = 41504,11 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moyT}} = 41504,11 \text{ m}^3/\text{j} = 480,371 \text{ l/s}$$

➤ Calcul le débit totale de pointe:

$$Q_{TP} = Q_{PTS} + 2Q_{PTS} = 3Q_{PTS}$$

Avec :

Q_{TP} : débit totale de pointe.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ Application numérique

$$Q_{TP} = 3.23103,95 = 41504,11 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{TP} = 41504,11 \text{ m}^3/\text{j} = 802,22 \text{ l/s}$$

• Calcul de la capacité de la station (équivalent habitant):

Un équivalent habitant correspond à la population quotidienne que génère un individu. C'est une unité conventionnelle pour mesurer la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour.

$$N_{EH} = \frac{Q_{moy TS}}{q} (\text{Hab ou EH})$$

Avec :

N : capacité de la station d'épuration de la commune de ferdjioua (en EH).

Q_{moy TS} : débit moyen des eaux usées à temps sec.

q = **D** × **taux de réduction (80%)**.

Ou: D: dotation (m³/hab/j).

✓ Application numérique:

$$q = (200/1000) \cdot 0,80 = 0,16 \text{ m}^3/\text{hab/j}.$$

$$q = 0,16 \text{ m}^3/\text{hab/j}.$$

$$N_{EH} = \frac{13834,70}{0,16} = 86466,9 \text{ Hab}$$

$$N_{EH} = 86466,9 \text{ Hab soit } N_{EH} = 86500 \text{ Hab}$$

✚ Année 2043• Débit moyen journalier (Q_{moy j}):

$$Q_{moy j} = \frac{D \cdot N_p}{1000}$$

Avec :

D : Dotation en eau moyenne par un habitant l/j égale à 200 l/j/hab.

N_p: Nombre d'habitant à l'horizon de l'étude (long terme).

✓ Application numérique

$$Q_{moy j 2043} = \frac{200 \cdot 78573}{1000} = 15714,60 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{moy j} = 15714,60 \text{ m}^3/\text{j}$$

• Débit moyen journalier majoré (taux de fuite adopté est de 15%):

$$Q_{moy j maj} = Q_{moy j} + 15\% Q_{moy j} = 1,15 \cdot Q_{moy j}$$

Avec :

Q_{moy j}: débit moyen journalier.

Q_{moy j maj} : débit moyen journalier majoré à cause de fuite.

✓ Application numérique

$$Q_{moy j maj} = 15714,60 \cdot 1,15 \text{ m}^3/\text{j} = 18071,79 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{moy j maj} = 18071,79 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ Calcul le Débit totale :

$$Q_{totale} = Q_{moy j maj} + Q_{équipement}$$

$$Q_{équipement} \text{ estimé à } 15\% Q_{moy.j}$$

Avec :

Q_T : débit totale.

$Q_{équipement}$: débit propre aux équipements existants.

$Q_{moy.j}$: débit moyen journalier.

✓ Application numérique

$$Q_{équipement} = 0,15 \cdot 15714,60 = 2357,19 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{équipement} = 2357,19 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_T = 18071,79 + 2357,19 = 20428,98 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_T = 20428,98 \text{ m}^3/\text{j} = 236,446 \text{ l/s}$$

➤ Calcul le débit de pointe:

$$Q_P = K_P \cdot Q_T$$

Avec :

Q_P : débit de pointe.

K_P : coefficient de pointe.

Q_T : débit totale.

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{Q_{moy}} \text{ (l/s)}).$$

✓ Application numérique

$$K_P = 1,5 + (2,5/\sqrt{20428,98 \cdot \frac{1000}{86400}})$$

$$K_P = 1,66$$

$$Q_P = 1,66 \cdot 20428,98 \text{ l/s} = 33912,1068 \text{ l/s}$$

$$Q_P = 33912,1068 \text{ m}^3/\text{j} = 392,50 \text{ l/s}$$

• Débit moyen horaire (Q_m):

C'est le débit moyen observé au cours de la journée à l'arrivée de la station d'épuration exprimé par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_{moyT}}{24} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Avec:

$Q_{\text{moy T}}$: Débit moyen totale des eaux usées à temps sec (m^3/j).

✓ **Application numérique**

$$Q_m = \frac{20428,98}{24} = 851,21 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

$$Q_m = 851,21 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

• **Débit max (Q_{max}):**

Le réseau d'assainissement de notre cas est de type unitaire pour cela le débit max est égale au débit par temps de pluie:

Le taux de dilution est varié entre 2 à 5 (on prend un taux de dilution de 2 fois), alors:

$$Q_{\text{max}} = 3Q_m \text{ (m}^3/\text{h)}$$

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{max}} = 3 \cdot 851,21 = 2553,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{max}} = 2553,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Calcule le débit moyen des eaux usées à temps sec:**

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = Q_T \cdot K$$

Avec :

$Q_{\text{moy eaux usés}}$: débit moyen des eaux usées.

$Q_{\text{moy T}}$: débit moyen totale.

K : coefficient des eaux usées : $K = 0,8$

✓ **Application numérique**

$$Q_{\text{moy eaux usés}} = 16343,184 \cdot 0,8$$

$$Q_{\text{moyeauxusés}} = 16343,184 \text{ m}^3/\text{j} = 189,157 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul le débit de pointe des eaux usées à temps sec:**

$$Q_{PTS} = Q_p \cdot k$$

Avec :

Q_p : débit de pointe.

K : coefficient des eaux usées.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ **Application numérique**

$$Q_{PTS} = 33912,1068 \cdot 0,8$$

$$Q_{PTS} = 27129,68 \text{ m}^3/\text{j} = 314 \text{ l/s} = 0,314 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Calcul le débit des eaux usées à temps de pluies:**

Vu la situation d'urbanisme et l'état de viabilisation de la commune étudiée, nous adopterons une dilution de deux fois à temps sec.

$$Q_{moyT} = Q_{moyTS} + 2Q_{moyTS} = 3Q_{moyTS}$$

Avec :

Q_{moyTS} : débit moyen des eaux usées à temps sec.

Q_{moyT} : débit moyen totale.

✓ **Application numérique**

$$Q_{moyT} = 3.16343,184 = 49029,55 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{moyT} = 49029,55 \text{ m}^3/\text{j} = 567,471 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul le débit totale de pointe:**

$$Q_{TP} = Q_{PTS} + 2Q_{PTS} = 3Q_{PTS}$$

Avec :

Q_{TP} : débit totale de pointe.

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées à temps sec.

✓ **Application numérique**

$$Q_{TP} = 3.27129,68 = 81389,04 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{TP} = 81389,04 \text{ m}^3/\text{j} = 942 \text{ l/s}$$

• **Calcul de la capacité de la station (équivalent habitant):**

Un équivalent habitant correspond à la population quotidienne que génère un individu. C'est une unité conventionnelle pour mesurer la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour.

$$N_{EH} = \frac{Q_{moyTS}}{q}$$

Avec :

N : capacité de la station d'épuration de la commune de ferdjioua (en EH).

Q_{moyTS} : débit moyen des eaux usées à temps sec.

$q = D \times \text{taux de réduction (80\%)}$.

Ou: D : dotation ($\text{m}^3/\text{hab}/\text{j}$).

✓ **Application numérique**

$$q = (200/1000) \cdot 0,80 = 0,16 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{j}.$$

$$q = 0,16 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{j}.$$

$$N_{EH} = \frac{16343,184}{0,16} = 102144,9 \text{ Hab}$$

$$N_{EH} = 102144,9 \text{ Hab soit } N_{EH} = 103000 \text{ Hab.}$$

L'estimation de délérents débits des eaux usées sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 24 : Récapitulatif de différents débits des eaux usées.

Données	Horizon		
	2015	2030	2043
Type de réseau	Unitaire		
Débit journalier m ³ /j	14268,54	17293,38	20428,98
Débit moyen horaire m ³ /h	594,522	720,557	851,21
Coefficient de pointe	1.69	1.67	1.66
Débit de point par temps sec m ³ /j	19291,06	23103,95	27129,68
Débit max m ³ /h	1783,56	2161,65	2553,63
Capacité de la station (équivalent habitant)	71400	86500	103000

V.3. Dimensionnement de la station de lagunage:

La filière de traitement projetée des eaux usées de l'agglomération de ferdjioua comprend les étapes suivantes :

a) Le prétraitement :

- Un dégrilleur.
- Un dessableur-déshuileur.

b) Le traitement biologique:

- un bassin d'aération.
- un bassin de décantation.

V.3.1. Calcul des charges polluantes:

Les résultats obtenus au laboratoire montre que les eaux usées de la commune de ferdjioua sont caractérisé par :

DBO₅ = 380 mg/l.

DCO = 507mg/l.

MES= 127,8 mg/l.

 **Rapport K = DCO/DBO₅ = 1,33**

K<1.5 : cela signifie que les matières oxydable sont constituées en grande partie de matière fortement La biodégradable.

Les charges polluantes sont calculées pour l'horizon 2043, en utilisant les formules suivantes :

a. Charge journalière DBO₅:

Charge DBO₅ = DBO₅ × Qj = (380× 16343, 184)/1000 = 6210409, 92 kg/j

b. Charge journalière DCO:

Charge DCO = DCO $\times$ $Q_{\text{moy j TS}}$ = (507 $\times$ 16343, 184)/1000 = 8285994, 29 kg/j

c. Charge journalière MES:

Charge MES = MES $\times$ $Q_{\text{moy j TS}}$ = (127,8 $\times$ 16343,184)/1000 = 2088658, 90 kg/j

V.3.2. Dimensionnement des ouvrages de prétraitement:

Les eaux usées urbaines subissent premièrement dans le système d'épuration par lagunage aéré, à une série d'opération mécanique et physique dont l'objectif est d'éliminer au maximum des éléments de taille ou de nature qui pourra constituer une gêne pour les étapes ultérieurs de traitement.

a) Le dégrillage:

Il existe deux catégories de dégrillage : dégrillage grossier et dégrillage fin. Dans notre cas, on propose d'utiliser un dégrillage fin. Cet ouvrage est un canal en béton armé équipé d'une grille à nettoyage manuel et l'utilisation d'un râteau est indispensable. La grille est dimensionnée avec une vitesse de passage de l'eau brute (V) et un débit max.

La détermination de la section de la grille est donnée par la formule suivante :

$$S = Q_{P\text{ TS}}/V$$

Avec:

$Q_{P\text{ TS}}$: débit de pointe des eaux usées par temps sec (m^3/s).

V: vitesse de passage de l'eau brute à travers les grilles doit être comprise entre 0,6 et 1m/s, on prend $v = 0,8$ m/s (grille fin).

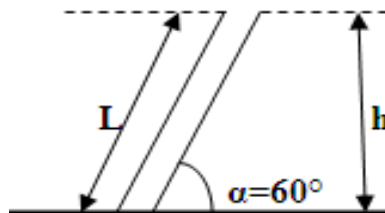
✓ Application numérique

$$S = (0,314/0,8) = 0,39\text{m}^2$$

$$S = 0,39\text{m}^2 = 0,40\text{ m}^2$$

❖ Calcul la longueur (L) et la largeur (l) de la grille:

Soit : $S = L \times l$, On choisit une hauteur d'eau $h = 0,4$ m, et $\alpha = 60^\circ$



$$\sin(\alpha) = h / L \text{ alors : } L = h / \sin(\alpha) = 0,4 / \sin(60) = 0,46 \text{ m}$$

$$\text{Alors : } l = S/L = 0,39 / 0,46 = 0,87 \text{ m}$$

$$L = 0,46 \text{ m}, l = 0,87 \text{ m}, h = 0,4 \text{ m.}$$

❖ **La perte de charge:**

Les pertes de charge à travers la grille se calculent par la formule suivante :

$$\Delta H = \beta(e / E)^{4/3} \times (V^2 / 2g) \times \sin \alpha \text{ (Formule de Kirschmer).}$$

Avec :

g: accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

e: épaisseur des barreaux : 0,01 m

E : espacement barreaux : 0,02 m

V : la vitesse de passage (m/s) de l'eau entre 2 barreaux : 0,8 m/s

α : Angle des grilles par rapport à l'horizontale : 60°

β : Facteur de forme : 2,42 pour une section rectangulaire des barreaux.

✓ **Application numérique :**

$$\Delta H = 2,42 \times (0,01 / 0,02)^{4/3} \times ((0,8^2) / 2 \times 9,81) \times \sin (60) = 0,035 \text{ m.}$$

$$\Delta H = 0,035 \text{ m.}$$

✚ **Le refus annuel de dégrillage fin par (EH/an):**

Le volume annuel refus est estimé par : (NEE, 2011)

$V_R (l / EH . an) = 13 / d \text{ à } 15 / d$ (d : espacement entre les barreaux en cm).

$$V_R = 13 / d = 13 / 2 = 6,5 \text{ l / EH / an}$$

$$\text{-Pour 78573 EH : } V_R = 103000 \times (6,5/1000) = 669,5 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$V_{R'} = 15 / d = 15 / 2 = 7,5 \text{ l / EH.an}$$

$$\text{-Pour 78573 EH : } V_{R'} = 103000 \times (7,5/1000) = 772,5 \text{ m}^3/\text{an}$$

Donc le volume varie de **669,5 à 772,5 m³/an**, avec un volume moyen des refus de **721m³/an**.

Tableau 25: Caractéristiques du dégrilleur (Année 2043)

Désignation	Unité	Valeur
Débit Q	m ³ /s	0,314
Vitesse de passage	m/s	0,8
Section minimale	m ²	0,39
Largeur l de la grille	m	0,87
Longueur oblique mouillée L	m	0.46
Tirant d'eau h _{max}	m	0.4
Perte de charge ΔH	m	0,035
Angle d'inclinaison α °	-	60°
Epaisseur des barreaux	mm	10
Espacement des barreaux	mm	20
Résidu du dégrillage	m ³ /an	721

b) Le dessableur-déshuileur:

Nous préconisons un dessableur-déshuileur de type rigole. Cet ouvrage est de forme rectangulaire. Il permet de retenir les grains de diamètre supérieur à 0,2 mm. Ce qui réduira la teneur de la partie minérale de MES et évitera l'ensablement de la première lagune. Le dessableur-déshuileur à prévoir dans notre cas sera de forme longitudinale de type aéré. Le dessableur aéré est un canal, à section rectangulaire. Cet 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 20 m / h**, dans laquelle on ralentit la vitesse de l'eau à moins de **0,3 m/s**. Cette opération nous conduit à prévoir deux dessableurs parallèles fonctionnant alternativement. C'est à dire l'un en fonctionnement et l'autre en nettoyage. Le sable sera extrait manuellement du canal longitudinal à l'aide d'une pelle manuelle.

Soit :

- Une vitesse ascensionnelle de **15 m/h**
- Un temps de séjour de 10 min.

❖ Volume du canal:

$$V = Q_{PTS}/T_S$$

Avec :

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées par temps sec (m^3/h).

T_S : temps de séjour (10 min)

✓ Application numérique :

$$V = 1130,40 \times (10/60) = 188,40 \text{ m}^3$$

$$V = 188,40 \text{ m}^3$$

❖ Surface du canal:

$$S = Q_{PTS}/V_{asc}$$

Avec :

Q_{PTS} : débit de pointe des eaux usées par temps sec (m^3/h).

V = vitesse ascensionnelle m/h.

✓ Application numérique :

$$S = 1130,40 / 15 = 75,36 \text{ m}^2$$

$$S = 75,36 \text{ m}^2 \text{ soit } S = 76 \text{ m}^2$$

❖ La hauteur:

$$H = V_{asc} \cdot T_S$$

V_{asc} : vitesse ascensionnelle m/h. Elle est pris 15 m/h.

T_S : temps de séjour de 10 min.

✓ Application numérique :

$$H = (15/60) \times 10 = 2,5 \text{ m}$$

❖ Calcul la longueur (L) et la largeur (l):

$$S = l \times L$$

$$L = 2l \text{ donc } S = 2.l^2$$

$$l = \sqrt{(S/2)} = \sqrt{(76/2)} = 6,16 \text{ m}$$

$$L = 2l = 12,32 \text{ m soit } L = 12,50 \text{ m}$$

Nous adopterons deux dessableur-déshuileurs de dimensions unitaires suivantes :

Largeur = 3,08 m, Longueur=12,50, Hauteur =2,5m

Surface = 77 m², Volume = 188,40 m³

c) Ouvrage de répartition et by-pass:

Il est prévu des ouvrages en béton armé pour l'équi-répartition du débit vers les différents ouvrages de traitement biologique, ainsi que des by-pass pour la nécessité d'exploitation (Curage).

V.3. 3. Dimensionnement des ouvrages de traitement biologique:

Dans le traitement des eaux usées par le système d'épuration via le lagunage aéré, la destruction de la pollution présente dans ces eaux s'opère grâce à une succession et une association de processus physique et biologique.

V.3. 3. 1. Bassin d'aération :

C'est un bassin relativement profond de 2,50 à 3 m de hauteur dans lequel l'oxygénation est réalisée par des aérateurs mécaniques ou par des diffuseurs.

Le fonctionnement de la lagune d'aération est régi par la relation suivante :

$$L_f/L_0 = 1/1 + K_t * t$$

Avec :

L_f : Concentration en DBO à la sortie de la station en mg DBO₅/l

L_0 : Concentration en DBO à l'entrée de la station en mg DBO₅/l

K_t : Vitesse de dégradation de la DBO à la température de l'eau

$$K_t = K_{20} C^{(t_a - 20)}$$

K_{20} : Vitesse de dégradation pour une température de 20°C de l'ordre de 0,5 j⁻¹

C = convient 1,075 pour la lagune aérée.

t_a : température de l'air (20°C).

t: Temps de séjour.

✓ Application numérique:

$$L_f = 380 / (1 + 0,5 * 15)$$

$$L_f = 44,70 \text{ mg DBO}_5/\text{l}$$

✚ Calcul du rendement d'épuration:

$$R(\%) = ((L_0 - L_f)/L_0) \times 100$$

$$R(\%) = (380 - 44,70 / 380) \times 100 = 88,23 \%$$

$$R = 88,23 \%$$

✚ Le volume du bassin d'aération :

Le volume de la lagune d'aération est donné par la relation suivante :

$$V = Q_{moy TS} * t$$

Avec

$Q_{moy TS}$: débit moyen total des eaux usées à temps sec.

t: Temps de séjour (est pris 15 j comme indiqué par les normes)

V : volume des lagunes (en m³).

✓ Application numérique :

$$V = 16343,184.15$$

$$V = 245147,76 \text{ m}^3 \text{ soit } V = 245148 \text{ m}^3$$

Pour une profondeur de 3 m la surface égale à 817156 m².

On adoptera deux bassins d'aération ayant pour chacun la surface suivante:

$$S = 40858 \text{ m}^2$$

✚ Calcul la largeur pour chaque bassin:

Pour le bon fonctionnement du bassin d'aération, on tient compte de la condition suivante :

$$L = 3l$$

$$l = \sqrt{\frac{S}{3}}$$

$$l = 116,70 \text{ m}$$

✚ Calcul de la longueur pour chaque bassin:

$$L = 3.116,70 \text{ m}$$

$$L = 350,10 \text{ m}$$

❖ Besoin en air et puissance des aérateurs :

✚ Pollution à éliminer :

La pollution à éliminer est donnée par la relation suivante :

$$\text{La pollution à éliminer (kg DBO}_5 \text{ /j)} = (L_0 - L_f) \cdot Q_{\text{moy TS}} / 1000$$

Avec :

$Q_{\text{moy TS}}$: Débit moyen des eaux usées à temps sec.

L_0 : Concentration en DBO5 en mg/l, à l'entrée.

L_f : Concentration en DBO5 en mg/l, à la sortie.

$$\text{La pollution à éliminer (kg DBO}_5 \text{ /j)} = (380 - 88,23) \cdot 16343,184 / 1000$$

$R = 88,23$: rendement d'épuration.

✚ Consommation d'oxygène (kg O₂/J) :

La consommation à éliminer est donnée par la relation suivante :

Consommation d'oxygène = La pollution à éliminer (kg DBO₅/j) x A (kg O₂/kg DBO₅.)

A = Le besoin spécifique brut en oxygène pour dégrader les substances polluantes (**2 kg d'O₂ /1kg DBO₅**).

✚ Puissance nécessaire des aérateurs :

La puissance nécessaire des aérateurs est donnée par les deux relations suivantes :

✚ Puissance des aérateurs pour l'oxygénation =

Consommation d'oxygène (kg O₂/h)/ le rendement d'oxygénation (kg O₂/kwh)

✚ Puissance des aérateurs pour le brassage =

Volume du bassin d'aération (m³) x la puissance spécifique nécessaire (W/m³)

La puissance spécifique nécessaire (W/m³) égale 4.

✚ Puissance nécessaire des aérateurs =

Puissance des aérateurs pour l'oxygénation + Puissance des aérateurs pour le brassage

a) Besoin en air

La pollution à éliminer = 4768,45 (kg/j)

Consommation d'oxygène = 9536,9 (kg O₂/J)

Consommation d'oxygène par heure = $9536,9 / 14 = 681,20$ kg O₂/h

b) Puissance des aérateurs

Puissance des aérateurs pour l'oxygénation = $681,20 / 1,65 = 412,84$ Kw

Puissance des aérateurs pour le brassage = $245148.4 = 980592$ w = 980,592 kw

Puissance nécessaire des aérateurs = $412,84 + 980,592 = 1293,43$ kw

❖ Résumé

➤ **Besoin en air**

La pollution à éliminer = **4768,45 (kg/j)**

Consommation d'oxygène = **9536,9 (kg O₂/J)**

➤ **Puissance des aérateurs**

Puissance des aérateurs pour l'oxygénation = **681,20 Kw**

Puissance des aérateurs pour le brassage = **980,59 kw**

Puissance nécessaire des aérateurs = **1393,43 kw**

On prendra (18) aérateurs **de 75KW**

V.3. 3. 2. Bassin de décantation

Dans ce type de bassin, l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure, une zone anaérobie est présentée au fond du bassin. Les matières décantables qui constituent la boue se séparent physiquement de l'eau épurée. La profondeur utile de cet ouvrage est d'environ 2 m.

Le volume de la lagune de décantation est donné par la relation suivante:

$$V = Q_{moy TS} * t$$

Avec :

Q_{moy TS} : Débit moyen total des eaux usées à temps sec.

t: Temps de séjour (5 j).

V : volume des lagunes (en m³).

✓ **Application numérique**

$$V = 16343,184 \cdot 5 = 817115,92 \text{ m}^3$$

$$V = 817115,92 \text{ m}^3$$

Pour une profondeur de **2 m**, la surface du bassin de décantation égale à **40857,96 m²**
On adoptera donc deux bassins facultatifs ayant pour chacun l'air suivant:

$$S = 20428,98 \text{ m}^2$$

 **Calcul de la largeur pour chaque bassin:**

$$l = \sqrt{\frac{S}{3}}$$

$$l = 82,52 \text{ m}$$

 **Calcul de la longueur:**

$$L = 3l \text{ (Idem pour le bassin d'aération)}$$

$$L = 3 \cdot 82,52 \text{ m} = 247,56 \text{ m}$$

$$L = 247,56 \text{ m}$$

La conception du lagunage que nous proposons est composée de:

- ✓ Une lagune d'aération de **117 m x 350 m** avec une profondeur de **03m**.
- ✓ Une lagune de décantation de **83 m x 248 m** avec une profondeur de **02m**.

➤ **Lit de séchage des boues:**

n = 78573 habitants.

n : nombre de population.

1 m² → 5 habitants.

S → 78573 habitants.

✓ **Application numérique**

$$S = \frac{78573}{5} = 15714,6 \text{ m}^2$$

$$S = 15714,6 \text{ m}^2 \text{ soit } S = 15715 \text{ m}^2$$

S = 15714,6 m², H = 40 cm, avec 04 lit, S₁ = S₂ = S₃ = S₄ = 3928,75 m²

L = 3l,

$$l = \sqrt{\frac{S}{3}} = 36 \text{ m}$$

$$l = 36 \text{ m}$$

$$L = 108,56 \text{ m}$$

$$V = 6286 \text{ m}^3$$

➤ **Surface totale de la station**

$$S_{\text{TOTALE}} = S_{\text{aération}} + S_{\text{décantation}} + S_{\text{lit de séchage}} = 40858 + 20428,98 + 3928 = 65214,98 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{TOTALE}} = 65214,98 \text{ m}^2 = 6,5 \text{ ha}$$

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un détail de calcul de tous les ouvrages formant le système d'épuration par lagunage et en particulier le lagunage aéré, en se basant sur le développement de la commune, l'évolution du nombre d'habitant, les résultats des analyses physico-chimiques et l'augmentation des débits des eaux usées évacuées.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

L'eau source de vie peut devenir source de maladie lorsque sa qualité se dégrade. En effet, après son utilisation l'eau se charge en divers éléments modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Ainsi, l'eau initialement claire et potable se transforme en une eau usée. Les volumes d'eaux usées sont essentiellement importants dans les zones urbaines en raison de la croissance démographique. Celle-ci engendre des besoins sans cesse croissants en eau potable (ménage, toilettes).

La limitation des risques attribuables aux eaux usées passe non seulement par l'abandon des pratiques actuelles de réutilisation de ces eaux, mais aussi par le respect des règles d'hygiène

Le but principal de présent travail a été d'évaluer d'une part le débit des eaux usées à évacuer à l'année de référence, à l'horizon moyen terme (l'année 2030) et à l'horizon long terme (l'année 2043), avec identification des caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la commune de Ferdjioua et la charge polluante en termes de matière organique. Ces analyses effectuées sur les eaux usées domestiques collectées à la future station d'épuration montrent qu'elles sont aussi bien polluées sur le plan physico-chimique que sur le plan biologique. En effet, elles sont très chargées en matières organiques et inorganiques. D'autre part, d'étudier la possibilité de projeter un système d'épuration des eaux résiduaires par lagunage aéré dont sa performance est fortement liée à un bon dimensionnement et un bon suivi durant toutes les étapes de la réalisation de l'étude jusqu'à la mise en service, d'où il est indispensable que le personnel chargé des études ou impliqué dans le suivi des projets de réalisation des systèmes de lagunage, maîtrise les étapes de calculs ainsi que tous les règles de la bonne réalisation.

Après avoir recensé toutes les données sur la région, nous avons étudiée la variante du système d'épuration par lagunage avec des bassins d'épuration artificielle.

Les résultats de dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration sont résumés comme suit :

Pour les bassins d'aération : la superficie totale est de **817156 m²**, soit une surface de **40858 m²** pour chaque bassin et une profondeur de **3 m**.

Pour les bassins de décantation : la superficie totale est de **40858 m²**, soit une surface de **20429m²** pour chaque bassin et une profondeur de **2 m**.

Pour les bassins de lit de séchage : la superficie totale est de **15715 m²**, soit une surface de **3929m²** pour chaque bassin et une profondeur de **0,4 m**.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] **BEDOUH Y.**, Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». 2014.
- [2] **BENMOUSSA S. GASMI I.**, Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara), 2015.
- [3] **Zeghoud M. S.**, Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, 2014.
- [4] <https://fr.m.wikipedia.org> (03/03/2017).
- [5] MONOGRAPHIE COMMUNALE DE FERDJIOUA., MARS 2016.
- [6] **SOUKEHAL B.**, thèse de doctorat et science en aménagement de territoire.
- [7] **EL ALAOUI R. TAOUSSI I.**, L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech, 2013.
- [8] **EL HACHEMI O.**, Traitement Des Eaux Usées Par Lagunage Naturel En Milieu Désertique (Oasis De Figuig) : Performances Épuratoires Et Aspect Phytoplanctonique, 2012.
- [9] **OUBADI M.**, Etude de performance d'un procédé d'épuration OXYLAG^R. « Cas du lagunage de la ville de Mekmen Ben Ammar wilaya de Naama» ,2012.
- [10] www.internet.com (29/04/2017).
- [11] **AZOUZZI M. AIT YOUNS O.**, Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech, 2012.
- [12] **MARTIN-LAGARETTE J.L.**, (2004); L'eau potable et l'assainissement, *Ed. JOHANET, Paris*. 154p.
- [13] **GROSCLAUDE, G.** (1999) : L'eau milieu naturel et maîtrise. Ed INRA, Paris 1999 tome I.
- [14] **GROSCLAUDE, G.** (1999) : L'eau usages et polluants. Ed INRA, Paris 1999 tome II.
- [15] **METAHRI M.S.**, Elimination Simultanées 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, 2012.
- [16] **Beyade S.S.**, Caractérisation de la composition chimique des eaux usées traitées de la STEP de Sebkha (Nouakchott), 2013.
- [17] **Charbonneau, J.**, *Encyclopédie de l'écologie*, Edition librairie Larousse, 471P. (1977).
- [18] **Bouziane, M.**, *L'eau de la penurie aux maladies*, Edition Iben Khldoune, 247P. (2000).
- [19]: **MEKHALIF F.**, Réutilisation des eaux résiduaire industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, 2009.

- [20] **BENYAHYA M., BOHATIER J., LAVERAN H., SENAUD J. & ETTAYBI M., (1998)**; les virus des eaux usées et leur élimination au cours des traitements des effluents pollués, *L'année Biologique*, 37(2): 95-105.
- [21] **AITHAMOU R., BOULAHBAL O. & HADDADI F., (2000)**; Impact microbiologique des eaux usées traitées sur le poivron et le maïs fourrager, *Recherche Agronomique*, 7, 77-E INRAA : 77-85.
- [22] **VALIRON F., (1983)**; La réutilisation des eaux usées, *Ed. Tech. Doc* ; 207p.
- [23] **MONTUELLE B., (1988)**; Application de la dégradation aerobique de la matière organique des eaux résiduaires – aspect microbiologique, *In : Biologie des eaux : Méthodes et techniques*, Masson, Paris.
- [24] **Djeddi H.,** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007).
- [25] **Asano T, (1998).** Waste water reclamation and reuse. Ed, water quality management library, 1475 p.
- [26] **Faby J.A.,** l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1999).
- [27] **Faby J. A et Brissaud. F, 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.
- [28] Boutin, 1987
- [29] **Yao A.,** Evaluation De La Pollution Des Eaux Usées Domestiques Collectées Et Traitées A La Station D'épuration De Camberene (Dakar), 2006.
- [30] www.memoireonline.com > **Biologie et Médecine**
- [31] **MC BRIDE G.B. & J.C. RUTHERFORD.** 1983. – Handbook on estimating dissolved oxygen depletion in polluted rivers. *Water and soil misc. Publ. Wellington*, 51: 1–69.
- [32] **BREMOND R. & C. PERRODON,** 1979. – Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. 2ème ed : 259 p.
- [33] **Mlle H.BEN NAJIM, Mlle H. MRABET O.,** Conception et développement de l'outil multicritère d'aide à la décision pour le choix optimal d'un système d'épuration des eaux usées,
- [34] **Mlle DJ. TAKAM Marlyse Eléonore.,** Réhabilitation de la station d'épuration du Camp Sic Messa dans la Ville de Yaounde (Cameroun) : Caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec Le milieu récepteur, 2010.
- [35] **WEB1:** www.gazettelabo.fr/2002archives/pratic/1997/23COT.htm
- [36] **Buzier R., Tusseau-Vuillemin M. H. & Mouchel J .M., (2006).** Evaluation of DGT as a metal speciation tool in wastewater. *Science of the Total Environment*, 358: 277-285.
- [37] **Kunz A. & Jardim W.F., (2000).** Complexation and adsorption of copper in raw sewage water resources. 34:2061-2068.
- [38] La Cité de l'Eau et de l'Assainissement., l'assainissement des eaux usées en agglomération parisienne : principes et procédés.
- [39] Synthèse 2010. Pollution de l'eau : Origines et impacts, p7.

- [40] **KHALED. HOULI S.**, Chapitre I : Généralités Sur Les Eaux Usées, 2015.
- [41] CSHPF, (1995), « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p.http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).
- [42] **BEGGAS M. LIHIOU H.**, diagnostic et étude du réseau d'assainissement de la cite Elhamaissa –commune de Hassi Khalifa (W.EL-OUED), 2014.
- [43] **BESSEDIK M.**, Traitement et épuration de l'eau, 369p.
- [44] **ABIBSI N.**, Réutilisation Des Eaux Usées Epurées Par Filtres Plantes (Phytoépuration) Pour L'irrigation Des Espaces Verts Application A Un Quartier De La Ville De Biskra, 2011.
- [45] **EI ALAOUI R. TAOUSSI I.**, L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech, 2013.
- [46] **Ladjel F. Bouchefer S.** 2004. Exploitation, d'une station d'épuration à boues activées Niveau II. Thème. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement). Boumerdes. 90p.
- [47] **PRONOST J., PRONOST R., DEPLAT L., MALRIEU J., BERLAND J-M.**, Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, N° 22 bis, Décembre 2002.
- [48] **Solène M., David R-R., Milena S.**, Traitement des eaux usées, 2013.
- [49] **ALLAOUI K.**, Modélisation Hydraulique D'un Bassin D'aération Des Stations D'épuration Des Eaux Usées, 2009.
- [50] **TEKFI K.**, étude des performances épuratoires d'une station à boues actives, 2006.
- [51] **G .Abdelkader** 1984 Tom1 « épuration biologique des eaux usées ».
- [52] **BACCHI, Michel.**, Conception d'une station de traitement des eaux usées dans une commune rurale. Analyse, choix et réalisation de la méthode la plus appropriée à la commune et aux milieux aquatiques CHEVALIER, Gary GAE3 – 2014 – 2015.
- [53] **GHETTAS N.**, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de, Touggourt, 2009.
- [54] www.europelec.com/prétraitement, (consulté le 06/06/2015).
- [55] **Telli Sidi Mohamed**, (2013), Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, mémoire master génie énergétique université de tlemcen.
- [56] **Emmanuel A.**, Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, 2005.
- [57] **BOUMEDIENE M. A.**, bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP Ain el houtz , 2012.
- [58] **D.ZEROUALI.** Traitement des eaux résiduaires. Centre inter- entreprises de formation industrielle. Séminaire. 2000.

[59] **Tyrrell SA, Rippey SR, Watkins WD.** Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone. *Water Research* 1995; 29 (11): 2483-2490.

[60] **BOEGLIN J.C.,** Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998)

[61] **ROQUES, H.** (1983) : Fondement théorique du traitement biologique des eaux, techniques et documentations. Ed LAVOISIER, Paris.

[62] **KHATTABI H.,** Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France), 2002.

[63] **BERLAND J.M., BOUTIN C., MOLLE P., COOPER P.,** 2001. Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 éq-hab): mise en oeuvre de la directive du Conseil européen n°91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Luxembourg: Office International de l'eau, 41p.

[64] **NEE,** (2011), Nationale Eau et Environnement.

[65] Etude inter-agences, lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités, 341.1 79LA, 1979,74p.

[66] **DIETTE S, VIMONT M.,** 2007. Lagunage écologique, Fiche technique, Centre de Ressources EnviroB.A.T-Méditerranée.

[67] **CANOVAS S; CASELLAS C; ET PICOT B;** 1991. Evolution annuelle du Peuplement zooplanctonique dans un lagunage à haut rendement et incidence du temps de séjour, *Rev. Des sciences de l'eau*, 4(1991) 269-289.

[68] **Kymai.,** LAGUNAGE AÉRÉ, 2002.

[69] **Vincent J.,** Le lagunage aéré : un compromis technicoéconomique intéressant, *L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES* - N° 278 ; 40p.

[70] **MENSOUS M.,** 2011. Étude du système de gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Magistère en sciences de la Nature Et de la Vie. Kasdi Merbah Ouargla. 149 p.

[71] **ECOSITE.,** 2009. L'épuration des eaux usées. Le lagunage naturel. Cas de la station de Mèze-Loupian. Ecosite du pays de Thau. Mèze, France.

[72] **U.N.E.S.C.O** (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture), 2008. Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.

[73] **Sevrin-reyssac J., De la nouë J., Proulx D.,** 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.

[74] **ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.,** (1996). Étude de faisabilité du lagunage sur les hauts plateaux. 13p.

[75] **Edline F,** (1996). L'épuration physico-chimique des eaux. 3eme édition. Ed. CEBEDOC,

[76] Couchi, Hyvrard ; Nakache ; Schwartzbrod ; Zagury, Baron ; Carre ; Courtois ; Denis ; Dernat ; Larbaigt ; Derangere ; Martigne, Seguret, (1996). Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 :81-118.

[77] Degrémont Mémento, (1972), « technique de l'eau ». Paris : Dégriment.