

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان
Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen
Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique



MEMOIRE

De projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de master en **Hydraulique**
Option : Hydraulique Urbaine

THEME

**Caractérisation et quantification de la charge polluante des eaux usées
de l'Oued El koudia de Tlemcen et proposition d'un système de
traitement**

Soutenu le : 25/ 06 /2022

Présenté par :

M^{elle} : SOUNA Ikram

Devant les membres de jury :

M^r HABI Mohammed	Univ Tlemcen	Président
M^r CHIBOUB FELLAH Abdelghani	Univ Tlemcen	Examineur
M^r BOUMEDIENE Maamar	Univ Tlemcen	Encadreur
M^r BOUDJEMA Abderrezak	Univ Tlemcen	Co - Encadreur

Année universitaire : **2021/2022**



Remerciements



Je remercie ALLAH le tout puissant créateur pour ses bénédictions, sa miséricorde et la force qu'il m'a donné tout au long de mes années d'étude.

J'exprime mes reconnaissances particulières à

- *M^r BOUMEDIENE M. et M^r BOUDJEMA A., mes encadreurs pour avoir dirigé cette mémoire, surtout pour leur soutien et leurs conseils tout au long de ce travail ;*
- *M^r Hachemi Chérif, Chef de projet à la direction de l'assainissement.*
- *Mme Slimani Amaria, Chef de département d'exploitation et de maintenance à l'ONA unité de Tlemcen.*
- *M^r Tahraoui Mohammed chef de service de maintenance à l'ONA unité de Tlemcen.*

Je tiens également à remercier les membres de Jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Un grand merci à tous les enseignants du département d'hydraulique, et le staff technique du Laboratoire de notre faculté pour l'aide et la collaboration qui nous a procurée pour le bon déroulement de ce projet.

Merci à toute ma famille, mes amis et collègues, qui m'ont aidé pendant ce travail. J'espère que chacun se connaîtra car je n'oserai citer personne de peur d'oublier quelqu'un

Enfin, ce travail ne serait jamais vu la lumière sans la contribution efficace de tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, par leur appui en acquisition de documents et de matériels nécessaires, en accès à l'information ou par leur soutien moral et encouragements. A tous, je suis redevable et reconnaissant.



Ikram



Dédicace



Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près et 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.

Mes frères et soeurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A toute la famille souna

A tout mes amis spécialement Zakaria, Mohammed, Ammaria, Fatiha, Amina

Saadia, Rajae, Fatima et Chaimaa

Toute ma famille du département d'hydraulique de Tlemcen

Et à toute la promotion 2021/2022 de l'hydraulique urbaine.

A tous ceux qui m'ont aidé durant mon cycle universitaire.

A tous ceux que j'aime.

Ikram



ملخص

الهدف من دراستنا هو توصيف وتقدير التلوث بالإضافة إلى أبعاد نظام معالجة مياه الصرف الصحي الخام في واد الكدية (وتلمسان). لقد اقترحنا نوعين مختلفين من العلاج ووضعناهما في أبعاد، وهما: البحيرة الطبيعية والبحيرات المهواة. تم تنفيذ الأبعاد لعام 2037 مع ذروة تدفق مياه الصرف الصحي 8.563.92 متر مكعب / يوم (أي 356.83 متر مكعب / ساعة). بالنسبة لمتغير البحيرة الطبيعية، تتم المعالجة البيولوجية بقتاتين، لكل منهما حوض لا هوائي، وحوض اختياري، وحوض نضح وحوض تخزين. بالنسبة لخط الحمأة، يتم تجفيف الحمأة بشكل طبيعي في 11 سريرًا. بالنسبة لمتغير البحيرة المهواة، تتم المعالجة البيولوجية أيضًا بقتاتين، تحتوي كل منهما على حوض تهوية وحوض نهائي وحوض تخزين. فيما يتعلق بخط الطين، فقد تم التخطيط لنفس مفهوم البحيرات الشاطئية الطبيعية. سمحت لنا الدراسة الفنية والاقتصادية باختيار اختيار البحيرة الهوائية كأفضل نظام لقتية مياه الصرف الصحي الخام من واد الكدية.

الكلمات المفتاحية: واد الكدية، ماء مستخدم، التلوث، تحجيم، بحيرة، دراسة فنية اقتصادية.

Résumé

L'objectif de notre étude est la caractérisation, la quantification de la pollution ainsi que dimensionnement d'un système de traitement des eaux usées brutes de l'Oued El Koudia (W Tlemcen). Nous avons proposé et dimensionné deux variantes de traitement à savoir: le lagunage naturel et le lagunage aéré. Le dimensionnement a été effectué à l'horizon 2037 avec un débit de pointe d'eau usée de 8 563,92 m³/j (soit 356,83 m³/h). Pour la variante lagunage naturel, le traitement biologique s'opère avec deux filières ayant chacune un bassin anaérobie, un bassin facultatif, un bassin de maturation et un bassin de stockage. Pour la ligne boue, le séchage des boues s'effectue naturellement en 11 lits. Pour la variante lagunage aéré, le traitement biologique se fait aussi avec deux filières contenant chacune un bassin d'aération, un bassin de finition et un bassin de stockage. Concernant la ligne boue, le même concept que le lagunage naturel a été prévu. L'étude technico-économique élaboré nous a permet d'opter pour le choix du lagunage aéré comme le meilleur système pour l'épuration des eaux usées brutes de l'Oued El Koudia.

Mots clés : Oued El koudia, eau usée, pollution, dimensionnement ; lagunage, étude technico-économique.

Abstract

The objective of our study is the caractérisation, the quantification of the pollution as well as the dimensioning of a system of treatment of raw wastewater of Oued El Koudia (W Tlemcen). We have proposed and designed two variantes of treatment, namely : natural lagooning and aerated lagooning. The dimensioning was carried out for 2037 with a peak wastewater flow of 8,563.92 m³/d (i.e. 356.83 m³/h). For the natural lagooning variant, the biological treatment takes place with two channes, each having an anaérobie basin, an optional basin, à maturation basin and a Storage basin. For the sludge line, the sludge is naturelle drive in 11 bedés. For the aerated lagoon variant, the biological treatment is also done with two channels, each containing an aération basin, a finishing basin and a storage basin. Regarding the mud line, the same concept as natural lagooning has been planned. The elaborate technical and economic study allowed us to opt for the choice of aerated lagooning as the best system for the purification of raw wastewater from Oued El Koudia.

Keywords : Oued El koudia, used water, pollution, sizing, lagooning, technical-economic study.

Liste des figures

Figure I.1 :pollution solide et gazeuze.....	8
Figure I.2 :pollution thermique par les eaux.....	8
Figure I.3 : pollution chimique.....	8
Figure I. 4 : les impacts des eaux usées rejetés dans les mers sur la faune	12
Figure I.5 : les impacts des eaux usées sur la sante des êtres humains	12
Figure II.1 : Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées	14
Figure II.2 : schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP.....	15
Figure II.3 : un dégrillage grossier	15
Figure II.4 : un dégrillage fin	16
Figure II.5 : une grille manuelle.....	17
Figure II.6 : Grille droite.....	17
Figure II.7 : Grille courbe	18
Figure II.8 : un dessableur	19
Figure II.9 : un déshuileur utilisé dans l'épuration des eaux usées.....	20
Figure II.10 :Décanteur primaire.....	20
Figure II.11 : Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien	21
Figure II.12 : Disques biologiques	22
Figure II.13 :Photo de bassins de lagunage	23
Figure II.14 : Schéma d'un procédé à boues activées	25
Figure III.1 : Situation géographique du Groupement urbain de Tlemcen.....	32
Figure III.2 : Réseau hydrographique du G.U.T	33
Figure III.3 : Photo satellitaire de OuedKoudia	34
Figure III.4 : Photo satellitaire de Oued Galien(hennaya).....	35
Figure III.5 : La carte topographique de oued l' Koudia.....	36
Figure III.6 : Histogramme de précipitations moyennes mensuelles	37
Figure III.7 : Température °C moyenne mensuelles	38

Figure III.8 : Histogramme des vitesses des vents moyennes mensuelles	39
Figure III.9 : 1 ^{er} point des rejets de l'Oued El- Koudia.....	39
Figure III.10 : 2eme point de rejets de l'oued El- Koudia.....	40
Figure III.11 : schéma représentatif des équipements étudiés	41
Figure IV.1 : Photo du pH-mètre utilisé	43
Figure IV.2 : Dispositif de filtration.....	45
Figure IV.3 : Balance.....	45
Figure IV.4 : Photos des capsules	46
Figure IV.5 :Photo de l'étuve de séchage	46
Figure IV.6 :Photo des bouteilles oxytopes	48
Figure IV.7 :Photo de l'incubateur bactériologie IN55-Memmert	48
Figure IV.8 : Photo du digesteur (réacteur DCO pour le chauffage	50
Figure V.1 :Schéma du lagunage naturel proposé.....	75
Figure V.2 :Schéma de principe du lagunage aéré.....	75
Figure V.3 : Photo satellitaire du site choisi terrain déjà terrassé	76
Figure V.4 : photo satellitaire des poteaux électriques mitoyens le site choisi (ligne électrique).....	76

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Normes de rejet dans un milieu récepteur	11
Tableau III.1 : Caractéristiques du réseau d'assainissement des centres urbains	34
Tableau III.2. : Précipitations moyennes mensuelles (Période 1980/2014)	36
Tableau III.3 : Températures Moyennes mensuelles Station de Tlemcen.....	37
Tableau III.4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen	38
Tableau III.5 :les différentes cités et équipements dont leurs eaux usées sont déversées vers L'oued el Koudia.....	40
Tableau V.1 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées de l'oued El koudia	52
Tableau V.2 : Données de base pour l'estimation de la population à l'horizon 2037.....	54
Tableau V.3 : Récapitulatif des données de base	57
Tableau V.4 : Récapitulatif des résultats de calculs du dégrilleur	60
Tableau V.5 : Récapitulatif des résultats de calcul du dimensionnement	62
Tableau V.6 : Récapitulatif des calculs sur le dimensionnement du bassin anaérobie	65
Tableau V.7 : Récapitulatif sur le dimensionnement du bassin facultatif	67
Tableau V.8 : Récapitulatif des résultats de dimensionnement du bassin de maturation.....	68
Tableau V.9 :Récapitulatif des résultats de calcul sur le dimensionnement arération	72
Tableau V.10 : Récapitulatif des résultats de calcul sur le dimensionnement finition	73
Tableau V.11 : Récapitulatifs des résultats de calculs du dimensionnement des systèmes de traitements proposés pour l'épuration des eaux usées brutes de l'oued El koudia	75
Tableau VI.1 : Comparaison des deux variantes de traitement proposées en tenant compte du rendement d'épuration de la DBO ₅	78
Tableau VI.2 : Etat quantitatif et estimatif du cout de la variante 01 (lagunage naturel).....	80
Tableau VI.3 : Etat quantitatif et estimatif du cout de la variante 02 (lagunage aéré).....	81
Tableau VI.4 : Bilan énergétique des équipements électriques proposés pour la variante 01 (Lagunage naturel)	82
Tableau VI.5 : Bilan énergétique des équipements électriques de la variante 02.....	83

Tableau VI.6: Récapitulatif des résultats de coûts estimés pour les deux variants d'épuration proposées	83
--	----

Liste des abréviations

ANAT : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

POS : plan d'occupation des sols.

PDAU : plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.

DPAT : directeur du Plan et de l'Aménagement du territoire.

MES : Matière En Suspension (mg/l).

MMS : matière minérales sèche (mg/l).

MO : matière organique.

MM : matière minérale.

REUE : réutilisation des eaux usées épurées.

M.V.S : matières volatiles en suspension.

°C : Degré Celsius.

E.U : eaux usées

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

PH : potentiel Hydrogène.

STEP : Station d'épuration.

C_m : la Charge Massique (Kg DBO₅/KgMVS/j).

VBA (m³) : volume de bassin d'aération.

Q_j (m³/j) : débit journalier d'eaux résiduaires à épurer.

C_v : La Charge Volumique (Kg DBO₅/m³/j).

C_{b.t} : concentration en solide (ou solide volatile) de la liqueur mixte (mg/l).

C_{b.ex} : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

I_m : Indice de Mohlman (mg/l).

M : concentration de MES de la boue activée.

V₃₀: volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation d'un litre de boue activée.

UV : rayonnements ultraviolets.

G.U.T : Groupement urbain de Tlemcen.

T : température.

V_{moy} : vitesse de vents moyenne.

ONA : Office national d'assainissement.

Tables des Matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes des figures

Listes des tableaux

Notations et abréviations

Introduction général 1

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction	3
I.2. Définition des eaux usées.....	3
I.3. Les différents types des eaux usées	3
I.3.1 Les eaux usées domestique	3
I.3.2. Les eaux usées industrielles	3
I.3.3. Les eaux usées pluviale.....	4
I.3.4.Les eaux usées agricoles	4
I.4. Origine des eaux usées.....	5
I.5. Composition des eaux usées	5
I.5.1. Les matières en suspension	5
I.5.2. Les micropolluants organiques et nom organiques	5
I.5.3. Eléments traces.....	5
I.5.4. Les micropolluants organiques.....	5
I.5.5. Les substances nutritives.....	6
I.5.6. L'azote	6
I.5.7. Le phosphore	6
I.5.8. Le potassium (K ⁺).....	6
I.5.9. Chlorure et sodium	6
I.6. Pollution de l'eau.....	7

I.6.1. Origine de la pollution	7
I.6.2. Classification de la pollution des eaux.....	7
I.6.3. Les paramètres de la pollution des eaux	9
I.7. Normes de rejets Algérienne	10
I.8. impact des eaux usées sur l'environnement	12
I.9. Conclusion	13

Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Introduction et nécessité de l'épuration des eaux	14
II.2.1. Prétraitement	15
II.2.1.1. Le dégrillage.....	15
II.2.1.2. Les différents types des grilles	16
a) Grilles manuelles	16
b) Grilles mécaniques	17
II.2.1.3. Le dessablage	18
II.2.1.4. Le déshuilage –dégraissage.....	19
II.2.2. Le traitement primaire	20
II.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)	21
II.2.3.1. Procédés biologiques à culture fixée	21
II.2.3.2. Procédés biologiques à culture libre	22
II.2.4. La clarification	27
II.2.5. La désinfection	27
II.2.6. Avantages et inconvénient des lits bactériens et disques biologiques.....	28
II.2.6.1. Avantages.....	28
II.2.6.2. Inconvénients	28
II.2.7. Avantages et inconvénient des boues activées.....	28
II.2.7.1. Avantages.....	28
II.2.7.2. Inconvénients	28

II.2.8. Avantages et inconvénients du lagunage naturel et lagunage aéré	29
a) Avantages du lagunage naturel.....	29
b) Inconvénients du lagunage naturel	29
c) Avantages du lagunage aéré	29
d) Inconvénients du lagunage aérés.....	29
II.3. Conclusion	29

Chapitre III :Présentation et description de la zone d'étude

III.1. Introduction	30
III.2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen G.U.T.....	30
III.2.1. Situation géographique.....	30
III.2.2. Aperçu hydrographique	32
III.2.3. Diagnostique de l'état de l'assainissement du GUT	33
III.3. Présentation de la zone d'étude	34
III.3.1. Situation Géographique	34
III.3.2. Situation topographique.....	35
III.3.3. Paramètres climatologiques	36
III.4. Etat des points des rejets de la zone d'étude	39
III.6. Conclusion.....	41

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Introduction	42
IV.2. Prélèvement et échantillonnage	42
IV.3. Matériel et méthodes.....	42
IV.3.1. Température	43
IV.3.2. pH	43
IV.3.3. Conductivité	43
IV.3.4. Matières en suspension (MES).....	44
IV.3.5. Demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO ₅).....	47
IV.3.6. La demande chimique en oxygène (DCO).....	49

Chapitre V : Résultats et interprétations – Proposition et dimensionnement d'un système de traitement

V.1.Introduction	52
V.2.Caractérisation et quantification de la pollution des eaux de l'oued	52
V.3. Proposition et dimensionnement d'un système de traitement	53
V.3.1 Estimation de la population	53
V.3.2.Calcul des débits en eau potable et eaux usées à l'horizon 2037	54
a) Débit moyens journaliers en eau potable.....	54
b) Débit moyen d'eau usée total journalier	54
c) Débit de pointe	54
V.5. Calcul des charges polluantes.....	55
V.5.1. Estimation des charges polluantes	55
V.5.2.Charge en DBO ₅	55
V.5.3. Charge en matières en suspension (M.E.S).....	55
V.5.4. Charge en DCO.....	55
V.5.5 Charge en azote total (Nt)	56
V.6. L'indice de biodégradabilité.....	56
V.7.Proposition et dimensionnement des filières de traitement.....	57
V.7.1 Prétraitement.....	57
a) Calculs du dégrilleur.....	58
b) Calculs du dessableur-déshuileur	60
V.7.2 Traitement biologique	62
1er Cas : Variante "1" (Lagunage naturel).....	62
2eme Cas : Variante "2" (Lagunage aéré)	68
c) Bassin de stockage.....	73
- Calcul du volume	73
- Surface	73

- Longueur et la largeur	73
V.12 Lits de séchage.....	73
V.13. Récapitulatif des résultats du dimensionnement des ouvrages dans notre étude	74
V.14. Schéma de fonctionnement	75
V.15 Choix du site.....	76
V.15. Conclusion.....	76

**Chapitre VI :Etude technico-économique des deux variantes des systèmes de traitement
proposés**

VI.1. Introduction	78
VI.2. Etude comparative technico-économique des deux variantes.....	78
VI.2.1.Comparaison technique entre les deux variantes	78
VI.2.2.Comparaison économique des deux variantes en investissement	78
VI.2.3. Comparaison économique des deux variantes en exploitation.....	81
VI.3. Récapitulatif des résultats de l'étude comparative des deux variantes proposées	83
VI.4. Conclusion	84
Conclusion générale	85

Bibliographie

Annexe

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, indispensable à la vie, est une ressource très recherchée. Dès lors, les collectivités locales sont contraintes de prendre cette ressource en compte dans leur plan d'aménagement.

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques. En effet, la dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau salie par nos activités domestiques et par de diverses activités industrielles et agricoles, nécessaires pour nous fournir les aliments et biens dont nous avons besoin.

Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation, l'accroissement de la population et l'élévation de niveau de vie, les capacités d'auto-épuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents. Dans cette optique, l'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions si non la seule capable de préserver les ressources en eau. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau apte à être réutilisé dans plusieurs domaines.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Les procédés biologiques présentent des rendements assez bons et sont très avantageux du point de vue coût, du moment qu'ils n'utilisent que la seule force épuratrice des microorganismes présents dans l'eau, l'oxygène de l'air et la température les rayons solaires. C'est le cas du lagunage aéré moins connu mais aussi efficace, il est écologique, rustique, fiable et peu onéreux du fait de son fonctionnement non mécanisé, avec des résultats hautement satisfaisants en matière de décontamination. Ce qui rend le lagunage particulièrement adapté pour la réutilisation des eaux épurées en agriculture. Ce procédé se présente, grâce à sa technologie simple, sa faible consommation d'énergie, et son degré d'épuration satisfaisant, comme une technique appréciable d'épuration des eaux usées. Le

lagunage est adapté à l'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles à prédominance organique. Il repose sur la dégradation des matières organiques à l'aide des micro-organismes.

La conception d'un lagunage aéré pour l'oued El Koudia situé à Tlemcen est d'une grande importance afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Protéger le milieu récepteur et les ressources en eau souterraine.
- Produire une nouvelle ressource d'eau qui peut servir pour l'irrigation agricole des terres dans la région ou en mettant en valeur des espaces qui ne sont pas à l'heure actuelle exploités.

Notre travail d'étude qui a été axé dans ce cadre se présente en deux parties :

Une partie bibliographique qui regroupe deux chapitres :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les eaux usées : origine des eaux usées, composition, leurs paramètres de pollution, leurs impacts sur l'environnement et les normes de rejets appliquées en Algérie.
- Le second chapitre donne les différents procédés de traitement des eaux usées avant leurs rejets vers le milieu naturel et les différents usages possibles des eaux usées traitées.

Une partie expérimentale regroupant deux chapitres :

- Le troisième chapitre donne une description de la zone d'étude, ainsi que les conditions hydrologiques de la région notamment celles climatiques qui influent sur le bon fonctionnement des systèmes d'épuration.
- Le quatrième chapitre expose le matériel et les méthodes analytiques utilisées lors de cette étude pour les analyses physicochimiques des eaux usées.
- Le cinquième chapitre présente les résultats expérimentaux trouvés sur la caractérisation de la pollution des eaux de l'oued El Koudia et la quantification de cette pollution ainsi que leurs interprétations. En outre, les calculs sur le dimensionnement d'un système d'épuration (par lagunage) de ces eaux usées projeté sont également donnés ;
- Le sixième chapitre donne une comparaison technico économique des deux variantes de lagunage proposées ;
- Enfin, une estimation comparative technico-économique de deux variantes de lagunages (naturel et aéré) proposés fait l'objet du sixième chapitre.

An terme de ce travail, une conclusion et des recommandations sur ce projet sont données.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES EAUX USEES ET LEURS POLLUTIONS

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et leurs pollutions

I.1. Introduction

Les eaux usées regroupent les eaux résiduelles domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel [1].

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont les eaux utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricoles. Elles constituent un effluent pollué et sont rejetées dans un émissaire d'égout. Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) [2].

I.3. Les différents types des eaux usées

On distingue 3 types d'eaux usées :

I.3.1 Les eaux usées domestique

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de Lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout-à-l'égout. Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières Organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières Organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de Carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels Que soufre, phosphore, fer, etc.)[3].

I.3.2. Les eaux usées industrielles

Les eaux usées produites lors du raffinage comprennent : la vapeur condensé, les eaux d'épuisement, les solutions caustiques usées, l'eau de purge des tours de refroidissement des chaudières, l'eau de lavage, l'eau de neutralisation des déchets alcalins et acides ainsi que les eaux utilisées dans d'autres procédés. Les eaux contiennent également des matières dissoutes, des solides en suspension et des graisses (Michel, 2003) [4].

On peu néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation)
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, Équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....) ;
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents Radioactifs de l'industrie nucléaire....).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés [5].

I.3.3. Les eaux usées pluviale

Elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie. Ces eaux pluviales ne sont pas forcément polluées, mais peuvent constituer une source de pollution importante des cours d'eau. Les eaux de pluie englobent les impuretés de l'air (gaz polluants rejetés par les industries...) et ruissellent sur des surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbure, de métaux lourds, d'huiles.

Lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement de ce mélange très pollué dans le milieu naturel [6].

I.3.4. Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues [7].

I.4. Origine des eaux usées

Selon Eckenfelder (1982) [8], les eaux usées proviennent de quatre sources principales :

- ❖ Les eaux usées domestiques.
- ❖ Les eaux usées industrielles.
- ❖ Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes.
- ❖ Le ruissellement dans les zones agricoles.

I.5. Composition des eaux usées

Les eaux usées se composent de matières dissoutes et en suspension et de divers microorganismes.

I.5.1. Les matières en suspension

Ce sont des matières solides contenues dans les eaux usées et qui sont séparables par filtration ou par centrifugation. Elles sont exprimées en poids de matières sèches. Les matières en suspension comportent des matières organiques et minérales. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent [9].

I.5.2. Les micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces Polluants dans les organismes [10].

I.5.3. Eléments traces

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en de très faibles quantités. Certains de ces éléments comme le cuivre, le zinc et le sélénium, sont essentiels à l'ensemble des organismes vivants ou à de grands groupes d'organismes. D'autres ont des fonctions plus ou moins importantes comme le nickel, mais aussi l'arsenic et le chrome dans certains constituants [11].

I.5.4. Les micropolluants organiques

Le terme micropolluants désigne les substances organiques pouvant polluer les eaux même en faible concentration (à quelques $\mu\text{g/L}$) [12]. Ces micropolluants contaminent les cours d'eau soit par apport direct, par ruissellement, par érosion, soit indirectement par la pluie. On distingue aussi des apports ponctuels avec des sources clairement identifiées (rejets

industriels, pollution accidentelle, rejets des eaux usées domestiques) et des sources diffuses, liées aux activités agricoles ou aux pluies (les pesticides, épandus sur de très larges surfaces, sont être transportés dans l'atmosphère et retombent avec les pluies) [13].

I.5.5. Les substances nutritives

L'azote et le phosphore sont des substances nutritives pour les végétaux les deux origines principales en sont la fertilisation minérale et organique des cultures, et les rejets des stations d'épuration urbaines [14].

I.5.6. L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) [10]. La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ NO_2^- : nitritation par Nitrosomonas
- NO_2^- NO_3^- : nitratisation par Nitrobacter [10].

I.5.7. Le phosphore

Le phosphore (P) est un élément essentiel pour l'industrie et l'agriculture moderne. Il est donc omniprésent dans les rejets d'eaux usées domestiques, industriels et agricoles. Le phosphore contenu dans les eaux usées a longtemps été considéré comme étant uniquement un élément nocif à traiter pour limiter les problèmes d'eutrophisation dans les milieux aquatiques récepteurs [15]. Le phosphore est depuis une dizaine d'année considéré comme une ressource essentielle avec un intérêt économique majeur [15].

I.5.8. Le potassium (K^+)

Le potassium c'est un puissant oxydant utilisé dans les eaux usées pour réduire la quantité de matières organiques dans les eaux brutes [16].

La présence du potassium, dans les eaux usées peut avoir un impact négatif sur la santé humaine et dans une moindre mesure un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole [17]. La concentration moyenne en potassium, égale à 30,53 mg/L avec des valeurs extrêmes de 21 mg /L et 39 mg/L [17].

I.5.9. Chlorure et sodium

Leur origine est :

- Naturelle (mer : 35-45 g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10 à 15 g/l NaCl dans les urines/j).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire)
- Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres [10].

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium NaCl) et de potassium (KCl) ; ils représentent environ 0,05 % de la lithosphère [18].

I.6. Pollution de l'eau

I.6.1. Origine de la pollution

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol.

L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux vannes (WC...etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces,...etc. Pour l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc.

I.6.2. Classification de la pollution des eaux

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories en fonction de sa nature, de sa nocivité et de ses effets. On distingue :

I.6.2.1. Pollution physique

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

- **Pollution solide** : elle provient des particules solides apportées par les eaux Industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert [19].
- **Pollution thermique**: causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des

conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants [19].

- **Pollution radioactive** : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs [19].



Figure I.1: pollution solide et gazeuze [20] **Figure I.2:** pollution thermique par les eaux[21]

I.6.2.2. Pollution chimique

Ce sont des substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par industries ou pour les activités humaines. On y trouve : produits chimiques de synthèse (à base d'hydrocarbure, de charbon, de produits halogénés, de l'azote, ...), métaux, soude, acides, etc... [22].



Figure I.3 : Pollution chimique [23]

I.6.2.3. Pollution microbiologique

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries et de parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

I.6.2.4. Pollution par phosphore

Le phosphore est un élément chimique non métallique abondant dans la nature. Il est le onzième constituant de la croûte terrestre (0,12 %) où il se combine à d'autres éléments

pour former un grand nombre de minéraux. Les composés phosphorés sont utilisés dans divers domaines. Suivant les différents usages, les origines des phosphates des eaux usées sont classées en quatre groupes : les phosphates provenant du métabolisme humain, les phosphates issus des produits de lessive, des rejets industriels et des rejets agricoles [24].

I.6.3. Les paramètres de la pollution des eaux

Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux :

I.6.3.1. Paramètres organoleptiques

-La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale [25].

-La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [25].

I.6.3.2. Paramètres physicochimiques

- **Paramètres physiques** : sont dues à la présence des M.E.S dans l'eau usée. Ces MES se subdivisent en diverses formes, on trouve :

- ✓ Les matières volatiles en suspension (M.V.S)
 - ✓ Les matières minérales en suspension (M.M.S)
 - ✓ Les matières décantables
 - ✓ Les matières non décantables
- ❖ **Les M.E.S**: comportent les Matières organiques (M.O) et les matières minérales (M.M). Les M.E.S sont déterminées par filtration et séchage à 105°C d'un échantillon d'eau dont on connaît son volume. Les concentrations des M.E.S dans les E.U sont variables de 200 à 400 mg/l.
- ❖ **Les M.V.S** : représentent la fraction organique des M.E.S. Elles sont mesurées par calcination à 525 °C d'un échantillon dont on connaît déjà sa teneur en M.E.S. les M.V.S représentent environs 65 à 70 % des M.E.S.

- ❖ Les **M.M.S** : représentent la différence entre les M.E.S et les M.V.S et correspondent à la présence de sels minéraux, de silice, etc...
- ❖ Les **matières décantables et non décantables** : on distingue les matières qui se décantent en un temps donné (30 min) et les matières non décantables qui restent en suspension dans l'eau et qui vont être dirigées vers les procédés biologiques.

- Paramètres chimiques

Les matières organiques nécessitent de l'O₂ pour leur dégradation par les bactéries (microorganismes). Cette demande en oxygène peut être représentée biologiquement ou chimiquement par des paramètres qui sont :

- ✓ La D.B.O (demande biologique en oxygène)
- ✓ La D.C.O (demande chimique en oxygène).
- ✓ pH

❖ Demande biologique en oxygène (D.B.O) :

Représente la quantité d'oxygène consommée par les bactéries contenues dans l'eau usée pendant une certaine durée, pour faire l'oxydation de la M.O.

Ce paramètre est généralement mesuré après 5 jours(D.B.O₅). Technique de mesure : par un appareil DBO mètre.

❖ Demande chimique en oxygène (D.C.O) :

La Demande chimique en oxygène traduit la quantité d'O₂ nécessaire pour oxyder chimiquement les matières contenues dans l'effluent.

La mesure de la D.C.O se fait à l'aide d'un oxydant puissant tel que le bichromate de potassium, en milieu acide et à chaud pendant 2 heures.

❖ Le potentiel d'hydrogéné (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une grandeur sans unité et un indice qui permet de mesurer la concentration de l'ion d'hydrogène H⁺ dans une solution. Si la concentration en H⁺ est élevée (solution acide), si le pH est alors faible la solution est alcaline.

- Les paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes. Principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, les salmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être tenu en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santé publique.

I.7. Normes de rejets Algérienne

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont Regroupées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Normes de rejet dans un milieu récepteur
(Journal officiel de la République Algérienne, 2006) [26]

Paramétré	Unité	Valeur limite
Température	°C	30
PH	mg/l	6,5-8,5
MES	mg/l	35
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphore total	mg/l	10
DCO	mg/l	120
DBO ₅	mg/l	35
Aluminium	mg/l	3
Substances toxique bioaccumulables	mg/l	0,005
Cyanures	mg/l	0,1
Fluor composés	mg/l	15
Indice phénols	mg/l	0,3
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Huiles grasses	mg/l	20
Cadmium	mg/l	0,2
Cuivre total	mg/l	0,5
Mercure total	mg/l	0 ,01
Plomb total	mg/l	0,5
Chrome total	mg/l	0,5
Etain total	mg/l	2
Manganèse	mg/l	1
Nickel total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	3
Fer	mg/l	3
Composés organiques chlorés	mg/l	3

I.8. impact des eaux usées sur l'environnement

Les eaux usées ont des impacts sur la sante de l'homme et l'environnement, L'utilisation d'eaux usées en agriculture peut avoir des impacts positifs et négatifs sur l'environnement. Moyennant une planification et une gestion rigoureuses, ses effets sur l'environnement peuvent être bénéfiques. En Générale des aspects bénéfiques et négatifs de l'utilisation des eaux usées et de ses effets sur les sols et les étendues d'eau (eaux de surfaces et eaux souterraines). Aussi, les eaux usées domestiques et les eaux usées industrielles ont des caractéristiques différentes. En général, l'utilisation d'eaux usées domestiques pour l'irrigation comporte moins de risque que celle d'eaux usées industrielles, en particulier lorsque ces dernières sont émises par des industries dont certains procédés utilisent ou génèrent des produits chimiques hautement toxiques. Des produits chimiques toxiques provenant de procédés industriels sont rejetés dans les eaux usées domestiques de nombreux pays, d'où de graves problèmes environnementaux et des dangers sanitaires pour les agriculteurs et les consommateurs de produits, Elle conduit à de nombreuses maladies infectieuses d'origine hydrique avec des conséquences graves pour la vie humaine.



Figure I.4: Impacts des eaux usées rejetés dans les mers sur la faune [27]



Figure I.5 : Impacts des eaux usées sur la santé humaine [28]

I.9. 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 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 d'épuration.

CHAPITRE II

PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

Chapitre II

Procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Introduction et nécessité de l'épuration des eaux

L'épuration des eaux usées a pour objectif l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger pour la santé humaine et l'environnement. A cet effet, les stations d'épuration des eaux résiduaires sont conçues pour réduire la charge polluante organique, les solides en suspension, les composés chimiques et les constituants biologiques (microbes, bactéries pathogènes) des eaux usées qui peuvent représenter un danger pour la santé publique et l'environnement. Ainsi l'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour des raisons sanitaires, économiques, législatives et même pour préserver l'environnement. Pour ces raisons, l'homme a développé des procédés d'épuration dans le but est l'élimination des matières organique en solution et sous formes colloïdes et la réduction ou l'élimination des charges microbiennes et en particulier les micros organismes pathogènes.

II.2. Procédés d'épuration des eaux usées

Les stations utilisent des procédés artificiels qui imitent le processus naturel d'autoépuration de la rivière. À la fin du traitement, l'eau épurée est rejetée dans le milieu naturel. Elle peut également être utilisée en irrigation de cultures ou d'espaces verts [29]. Le processus d'épuration des eaux usées comprend quatre grandes étapes, présentées ci-dessous, le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement des boues. La figure II.1 présente le schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.

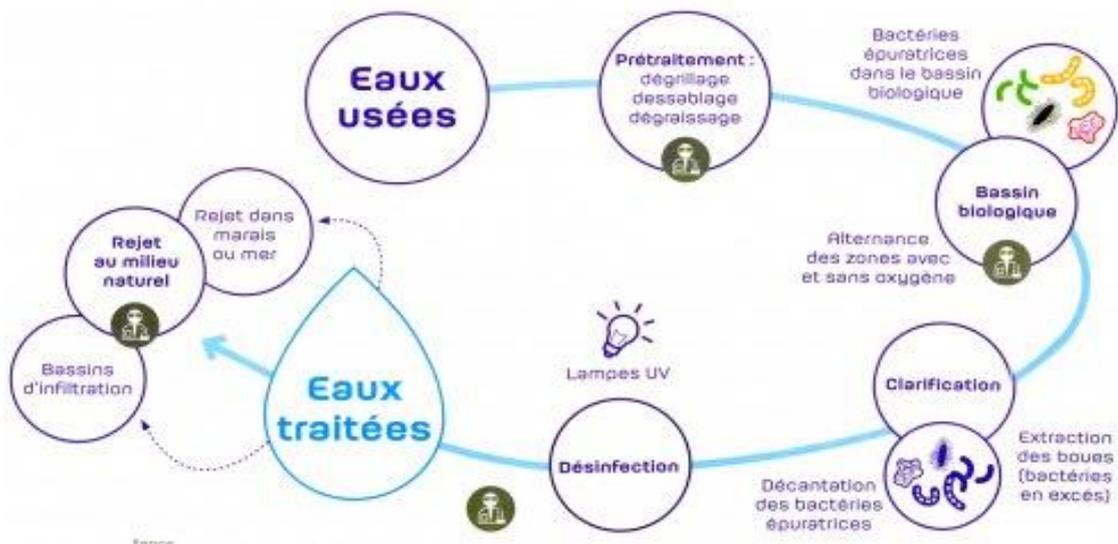


Figure II.1 : Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées [30]

II.2.1. Prétraitement

Tout traitement de dépollution doit comporter un prétraitement qui est constitué d'un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

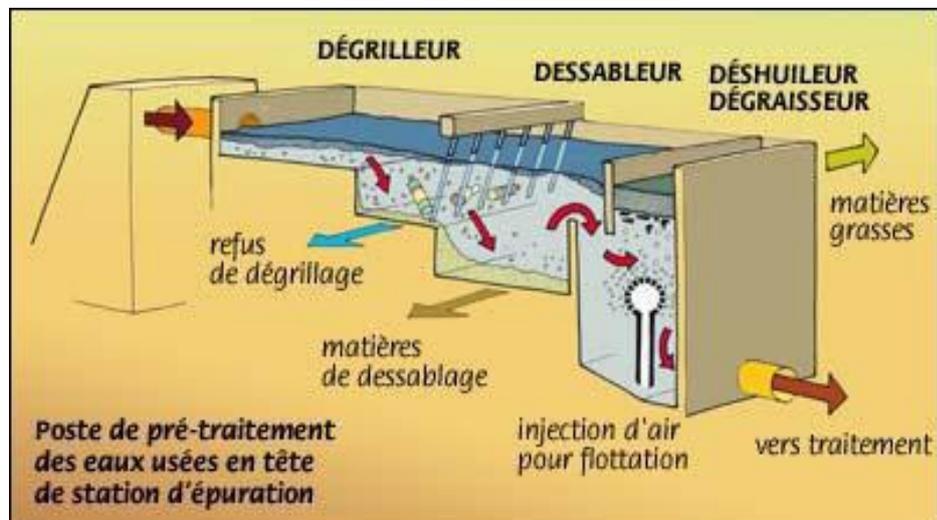


Figure II.2 : Schéma du prétraitement des eaux usées d'une STEP [31]

II.2.1.1. Le dégrillage

C'est une opération qui consiste à séparer des eaux usées brutes, les matières les plus volumineuses en passant l'effluent d'entrée à travers des grilles formées de barreaux dont l'espacement varie suivant la nature de l'effluent. On distingue :

a) Le dégrillage grossier

Il se fait avec des grilles espacées de quelques millimètres pour retirer les déchets dont le volume est supérieur à 2 ou 3 cm [32].



Figure II.3 : Photo d'un dégrillage grossier [33]

b) Le dégrillage fin

Il se réalise avec des grilles encore moins espacées pour éliminer les déchets d'un volume supérieur à 1 cm [32].



Figure II.4 : Photo d'un dégrillage fin [34]

II.2.1.2. Les différents types des grilles

Dans la pratique, il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants.

a) Grilles manuelles

L'espace entre les barreaux est généralement de 2,5 cm, inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale pour faciliter le nettoyage et augmenter la surface de contact. Les déchets sont récupérés dans des paniers perforés relevables. Elles sont souvent utilisées pour les petites stations [35].



Figure II.5 : Photo d'une grille manuelle [36]

b) Grilles mécaniques

Réservés aux grandes STEP (plus de 2000 Eq-hab), on utilise souvent des grilles mécaniques afin d'éviter le colmatage des canalisations. Les grilles mécaniques se classent en (02) catégories :

- **Les grilles droites :** D'écartement de 10 à 100 mm, elles sont généralement verticales ou inclinées à environ 80° sur l'horizontale. Elles sont nettoyées par des racleurs, des peignes, entraînés par un mécanisme à chaînes sans fin qui remontent les débris le long du champ de grille. L'éjection des débris, en partie haute, est souvent motorisée [37].



Figure II.6 : Photo d'une grille droite [38]

- **Les grilles courbes** : Avec un écartement de 10 à 25 mm, elles ont pour avantage de présenter une grande section de passage utile et d'être d'une conception mécanique simple. Le nettoyage du champ de grille est assuré par quatre peignes montés à l'extrémité d'un bras tournant autour d'un axe horizontal, mais pour éviter le risque de coincement, il est préférable de prévoir en amont un piège à cailloux. Ce type de grille est tout indiqué pour les installations de moyenne importance, lorsque les eaux ne sont pas trop chargées et que la hauteur de relevage des débris est réduite [37].



Figure II.7 : Photo d'une grille courbe [39]

II.2.1.3. Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [40]. Dans la pratique, Il existe différents types de dessableurs On y trouve :

- Les dessableurs à couloir.
- Les dessableurs aérés.

La figure II.8 présente la photo d'un dessableur aéré.



Figure II.8 : Photo d'un dessableur [41]

II.2.1.4. Le déshuilage –dégraissage

Le déshuilage –dégraissage vise à éliminer la présence d'huiles et de graisse dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. L'opération s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les huiles/graises sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage, on distingue :

- Le déshuileur-dégraisseur aéré.
- Le déshuileur-dégraisseur longitudinal.



Figure II.9 : Photo d'un déshuileur aéré utilisé dans l'épuration des eaux usées [42]

II.2.2. Le traitement primaire

La décantation « primaire » s'effectue dans des bassins, le plus souvent de forme cyclonique mais il existe bien d'autres types de décanteurs. Cette opération permet d'éliminer 70% environ des matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond du bassin ou elles constituent les boues dites « primaires ». Ces matières sont récupérées par raclage au fond du bassin et envoyées dans des épaisseurs pour y être traitées. Les performances de la décantation peuvent être améliorées par l'adjonction de produits chimique (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, agents de coagulation ...). Cette technique appelée « floculation » permet de capter 90 % des matières en suspension [43].



Figure II.10: Photo d'un décanteur primaire [44]

II.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)

L'objectif principal de l'épuration biologique (l'épuration secondaire) est d'éliminer le plus possible les polluants biodégradables et non décantables contenus dans l'eau usée. La technique utilise l'activité des bactéries présentes dans l'eau, elle consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne active en présence d'oxygène. Parmi les procédés biologiques d'épuration des eaux usées, on trouve :

- ✓ L'épuration biologique à biomasse fixe (lits bactériens, disques biologiques).
- ✓ L'épuration biologique à biomasse libre (les boues activées).
- ✓ L'épuration biologique par lagunage (naturel ou aéré).

II.2.3.1. Procédés biologiques à culture fixée

a) Lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. C'est la raison pour laquelle les lits bactériens sont désignés sous la dénomination de réacteurs à biomasse fixe. La biomasse est la quantité de matière vivante dans un écosystème aquatique par unité de surface ou de volume.

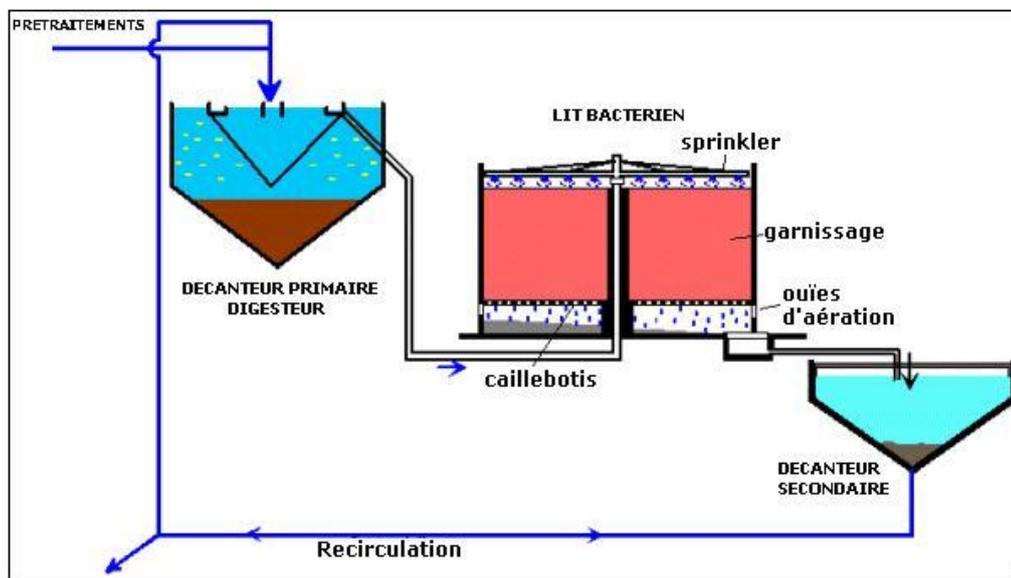


Figure II.11 : Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien [45]

L'efficacité du lit bactérien dépend des facteurs suivants :

- Les caractéristiques des matériaux servant de support aux bactéries (porosité, aire volumique) ;
- Le volume et la profondeur du lit ;

- La régularité des débits d'alimentation ;
- La concentration des matières organiques nutritives (substrats).

Un lit bactérien est défini par sa charge hydraulique et sa charge organique [46].

b) Les disques biologiques

Dans la structure des disques biologiques (figure... ;), les biofilms se développent sur des disques à moitié immergés mis en rotation à vitesse lente. Les microorganismes prélèvent l'oxygène nécessaire et lors des périodes immergées, ils réalisent la réaction biologique de dégradation [46].

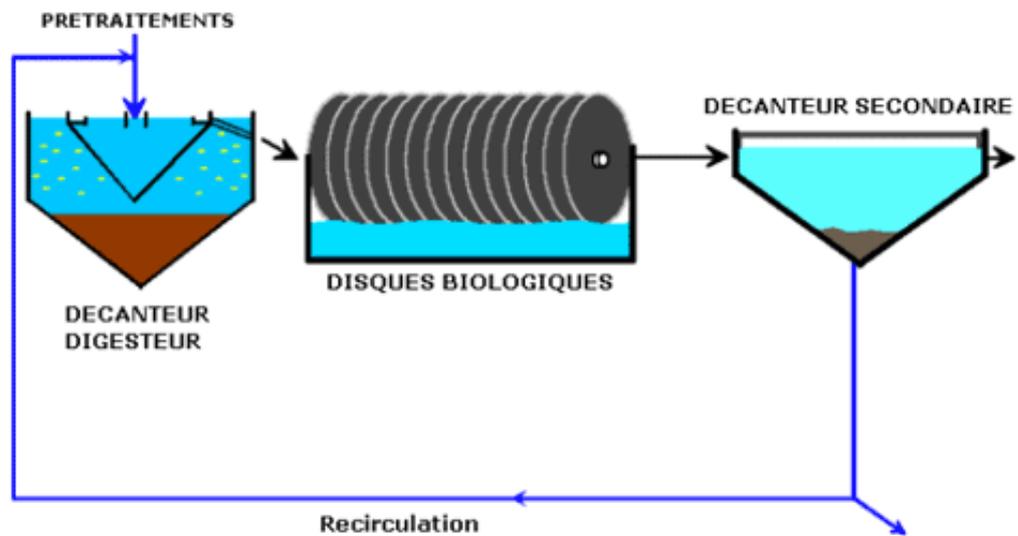


Figure II.12 : disques biologiques [47]

II.2.3.2. Procédés biologiques à culture libre

a) Le lagunage

Il s'agit d'une simulation des propriétés d'autoépuration des lacs. Les eaux à épurer sont accumulées dans un bassin ou une série de bassins, exposés à l'air libre. Le principe est d'obtenir un bactérien aérobie, en utilisant l'oxygène fourni par les algues ; ce qui oblige à exposer l'eau au soleil sous faible profondeur et grande surface. Il existe deux types de lagunage [46].



Figure II.13 : Photo de bassins de lagunage [48]

- Les différents type de lagunage

L'efficacité du lagunage dépend des facteurs climatique surtout de la température (qui va favoriser l'action des bactéries, l'évaporation) ; du vent (qui va favoriser les échanges gazeux le brassage de l'eau) ; la pluviométrie (pour le niveau de l'eau) ; et l'ensoleillement (qui permet la photosynthèse). Le rendement épuratoire varie selon la taille, la forme et le nombre de bassins qui est fonction du temps de séjour et des conditions climatiques locales.

a)- Le lagunage naturel

Le lagunage naturel repose sur une bactérienne principalement de type aérobie, celle – ci est ensuite séparée par un mécanisme de sédimentation [49]. L'épuration est assurée par un long temps de séjour dans plusieurs bassins en série, le mécanisme de base la photosynthèse, la tranche d'eau supérieure est exposée à la lumière et cela permet l'apparition d'algues qui produisent l'oxygéné nécessaire au développement des bactéries aérobies [49]. Ces dernières sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé pour les bactéries ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées permettent aux algues (les microphytes) de se multiplier. En fond de bassin, il n'y a pas de lumière, ceux sont donc les bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique, cette dégradation entraine un dégagement de gaz carbonique et de méthane [49]. En fait, l'épuration repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobie en culture libre et d'algues [49].

b)- Le lagunage aéré

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des

micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée [50]. Dans l'étage de décantation, assuré principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspensions (amas de microorganismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites. Le curage est facilité en présence de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément. La floculation des boues est peu prononcée (lagune de décantation à surdimensionné) [50].

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 ortho phosphates, les performances sont plus limitées : de l'ordre de 45 %. Les performances sont fonction de la température (activité des microorganismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes [50]. Le lagunage aéré se compose généralement de deux types de bassins : le bassin d'aération et le bassin de finition.

- **Bassin d'aération :** Ce sont des bassins de forme rectangulaire relativement profonds dans lesquels, l'oxygénation est réalisée par des aérateurs mécaniques ou diffuseurs. Un temps de séjour minimal permet d'assurer la stabilité de l'écosystème, ce paramètre ne doit pas être inférieur à 5 jours. La hauteur d'eau dans ces lagunes est généralement fixée de 2.5 à 4 m pour permettre une action optimale des dispositifs d'aération. Les références internationales ont montré que l'efficacité de l'épuration par lagunage aéré est améliorée en subdivisant le volume total aéré en deux étages disposés en série. Le volume total des lagunes aérées se réparti entre les deux étages dont les proportions suivantes : 60 % pour le premier étage et 40 % pour le second étage [51].
- **Bassin de finition :** La lagune de finition permet une amélioration des rendements d'épuration, ce bassin est dimensionné sur le critère temps de séjour qui est entre 2 et 3 jours. La hauteur d'eau dans ces lagunes est généralement de 1 à 1.5 m cette valeur permet d'éviter l'apparition de plantes macrophytes tout en limitant le développement de l'activité anaérobie [51].

b) Les boues activées

C'est un mode épuratoire très répand. Il s'agit d'une technique qui n'est autre qu'une accélération artificielle des processus d'autoépuration dans les milieux naturels. Au sein d'un

courant continu d'eau usée, les bactéries aérobies sont soumises à l'action prolongée d'une forte oxygénation obtenue par une introduction d'air régulièrement répartie dans l'effluent. Ces bactéries absorbent les matières organiques et forment de gros flocons qui décantent après dans un clarificateur [46].

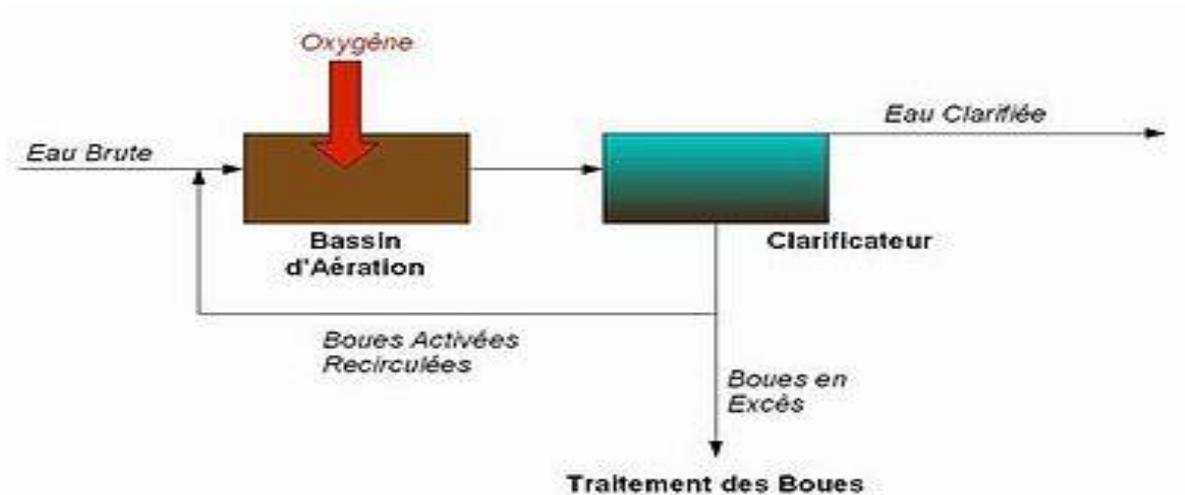


Figure II.14 : Schéma d'un procédé à boues activées [52]

- Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

- La charge massique
- La charge volumique
- Age des boues
- Indice de Mohlman
- Besoin en oxygène
- Décantation des boues

a) Charge massique (Cm)

La charge massique s'exprime par le rapport entre la pollution appliquée journalièrement (en kg DBO₅) et la masse de matière épuratrice (en kg de poids sec des boues contenues dans le réacteur biologique). Elle est donnée par la formule suivante :

$$Cm = ([\text{DBO}_5] * Q_j) / (\text{VBA} * \text{MVS}) \quad (\text{II.1})$$

Avec :

Cm : kg DBO₅/kg MVS.j.

VBA (m³) : volume de bassin d'aération.

MVS (kg/m³) : concentration en matière sèche

Q j (m³/j) : débit journalier d'eaux résiduaires à épurer [53].

b) Charge volumique (Cv)

Elle correspond à la quantité journalière de DBO₅ (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m³) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO₅/m³.j)

$$C_v = ([\text{DBO}_5] * Q_j) / (\text{VBA}) \quad (\text{II.2})$$

Avec :

C_v : la charge volumique kg DBO₅/ m³.j.

VBA (m³) : volume de bassin d'aération

Q_j (m³/j) : débit journalier d'eau résiduaire à épurer [53].

c) Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur sur la masse des boues extraites. IL est donné par la relation suivante:

$$\text{Age} = C_t / C_{b,ex} = [\text{MESBA} \times \text{VBA}] / C_{b,ex} \quad (\text{II.3})$$

Avec :

Age : âge des boues (h).

C_{b.t} : concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C_{b.ex} : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique [53].

d) Indice de Mohlman

Il représente la décantabilité de la boue formée par la biofloculation dans le bassin biologique, il représente le volume occupé par une unité de biomasse de boue après 30 min de décantation en éprouvette d'un échantillon d'un litre.

$$I_m (\text{ml/g}) = V_{30} / M \quad (\text{II.4})$$

Avec :

V₃₀ : volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation d'un litre de boue activée (ml).

M : concentration en MES de la boue activée (g).

Il est à indiquer que :

- Plus l'indice est élevé, moins la boue décante bien.
- Une boue activée de bonne structure a un indice compris entre 50 et 100.

e) Besoins en oxygène

Afin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quel que soit la charge [54].

f) Aération dans les bassins à boues activées

Pour avoir une bonne dégradation des matières organiques et laisser les microorganismes en vie, il faut avoir une bonne aération pour eux et ça pour faciliter leur travail. L'utilisation de l'air par les bactéries ne se fait pas à son état gazeux, mais après dissolution dans l'eau. La différenciation entre les systèmes d'épuration résulte du mode d'introduction de l'air on trouve :

→ L'aération mécanique de surface.

→ L'aération par air sur-pressée [55].

-L'aération mécanique de surface : Les aérateurs de surface se divisent en trois grands groupes : les aérateurs à axe vertical, à vitesse lente de 4 à 6 m/s et les aérateurs à axe vertical à grande vitesse de 1000 à 1800 tr/min. Les aérateurs à axe horizontal sont montés soit longitudinalement, soit transversalement [55].

- L'aération par air sur-pressée : L'aération par air sur-pressée consiste à injecter l'air sous pression dans la masse liquide à l'aide de dispositifs appropriés. Ceux-ci se divisent en trois grands groupes en fonction de la dimension des bulles :

- Fine bulles émises par diffusion d'air à travers des corps poreux.

- Grosse bulles : l'air est injecté soit par des diffusions à larges aurifiées.

- Moyennes bulles : divers dispositifs permettent de réduire la dimension des bulles : clapés petits orifices [55].

II.2.4. La clarification

A l'issue du traitement biologique, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire ou l'eau est séparée des boues par décantation. L'eau peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

II.2.5. La désinfection

La décantation secondaire ne permet pas une séparation de toute les matières en suspension contenus dans l'eau usée, il reste encore beaucoup de micro-organismes pathogènes qui peuvent être rejetés actifs dans le milieu récepteurs 'ils ne sont pas désinfectés. Pour cela, plusieurs moyens que se soit physiques ou chimiques existent pour les désactiver. Parmi les procédés de désinfections, on trouve : le chlore, l'ozone, les rayonnements ultraviolets, etc. Cependant, la désinfection par le chlore reste le moyen le plus pratiqué.

II.2.6. Avantages et inconvénient des lits bactériens et disques biologiques

II.2.6.1. Avantages

- Faible consommation d'énergie
- Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées
- Bonne décantabilité des boues
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées
- Généralement adaptés pour les petites collectivités
- Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment) [56].

II.2.6.2. Inconvénients

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes
- Coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée) ;
- Nécessité de prétraitements efficaces ;
- Sensibilité au colmatage ;
- Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés [56].

II.2.7. Avantages et inconvénient des boues activées

II.2.7.1. Avantages

- Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites) ;
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification) ;
- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ;
- Boues légèrement stabilisées ;
- Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée [56].

II.2.7.2. Inconvénients

- Coûts d'investissement assez importants ;
- Consommation énergétique importante ;
- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;
- Sensibilité aux surcharges hydrauliques ;

- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser ;
- Forte production de boues qu'il faut concentrer [56].

II.2.8. Avantages et inconvénients du lagunage naturel et lagunage aéré

a) Avantages du lagunage naturel

- 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 ;
- Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été) ;
- Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été ;
- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;
- Pas de construction 'en dur', génie civil simple ;
- Les boues de curage sont bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin [57].

b) Inconvénients du lagunage naturel

- La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires reste limitée ;
- Qualité du rejet variable selon les saisons ;
- Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune [57].

c) Avantages du lagunage aéré

- Tolérant aux variantes de charges hydrauliques et/ou organiques importantes ;
- Tolérant aux effluents très concentrés ;
- boues stabilisées [57].

d) Inconvénients du lagunage aérés

- Rejet d'une qualité moyenne surtout les paramètres ;
- Présence de matériels électromécaniques nécessitent l'entretien par un agent spécialisé ;
- Forte consommation énergétique [57].

II.3. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre, les différentes méthodes utilisées pour l'épuration de ces eaux. L'intérêt consiste à trouver la méthode la moins coûteuse et celle qui présente une basse nuisance auditive et olfactive.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III

PRESENTATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre III

Présentation et description de la zone d'étude

III.1. Introduction

Ce Chapitre présente des données sur notre zone d'études. Ces données nous ont été servis pour la proposition et le dimensionnement d'un système d'épuration des eaux usées de l'Oued Koudia de Tlemcen. Dans un premier lieu, on a donné brièvement une présentation générale des communes de Tlemcen, Chetouane, Mansourah et Hennaya (Wilaya de Tlemcen). Ensuite, on a présenté une description de la zone d'étude en l'occurrence l'oued El Koudia à Tlemcen. Cette zone a été choisi pour étude en raison de la présence de rejets d'eaux usées non traitées en provenance de certaines cités et équipements de Tlemcen et qui constituent une source de nuisances pour le milieu récepteur et les aquifères souterrains, considérés comme vulnérable à la pollution, d'où la nécessité au recours à une solution radicale à cette problématique.

III.2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen G.U.T

III.2.1. Situation géographique

Le groupement urbain de Tlemcen (G.U.T) est implanté sur les piémonts Nord des monts de Tlemcen. Il est défini par les limites suivantes :

- Au nord par les communes de Hennaya
- A l'Est par la commune d'Ain Fezza
- Au Nord Est par la commune d'Amieur
- A l'Ouest par la commune de Béni Mester
- Au Sud. Par les communes de Terni et Béni Hediel

La commune de Hennaya est distante de 8 km seulement du chef-lieu de la wilaya de Tlemcen, et constitue la convergence d'un important réseau routier. L'aire du groupement urbain est limitée par les superficies des chefs-lieux de communes (Tlemcen, Chetouane, Mansourah).

❖ La commune de Tlemcen

La ville de Tlemcen est située en contrebas du plateau de Lalla Setti. La ville se caractérise par la très forte concentration des activités tertiaires et industrielles dans un espace réduit (moins de 100 Ha), notamment au niveau de la médina et du centre colonial qui paraissent aujourd'hui saturés. Elle se présente sous la forme d'un tissu compact et hétérogène, permettant de distinguer :

- Les quartiers traditionnels.
- Le noyau colonial.
- Les quartiers récents [58].

Le quartier d'Abou Tachfine - Oujlida se localise au Nord de la ville et entouré de jardins et de terre agricoles. L'agglomération d'El Koudia est située au Nord-Ouest du centre-ville de Tlemcen [58].

❖ **La commune de Chetouane**

Elle se trouve à 3 km au Nord – Est de la ville de Tlemcen couvrant une superficie de 4611 hectares et partageant la même zone industrielle avec Tlemcen. Son relief est assez diversifié, composé de monticules boisés au sud-est, des terres agricoles au sud et Sud – Ouest, et la couronne rocheuse au nord Oudjelida, El Horra et Sidi Yahia [59].

❖ **La commune de Mansourah**

Elle est limitée à l'est et au nord par la commune de Tlemcen, à l'Ouest par la commune de Béni Master et au sud par la commune de Terny. Elle connaît une forte concentration de sa population et une extension spatiale de son tissu urbain en raison de sa qualité de commune résidentielle de groupement de Tlemcen. Elle est marquée par la présence de deux tissus : l'un ancien tel que celui du village de Mansourah ou celui de l'ancien Imama et l'autre récent comme les oliviers, Kiffane, le champ de tir. Ainsi les quartiers présentent une grande hétérogénéité sur le plan morphologique; qu'il soit spontanés ou planifiés ; ils sont sous équipés et dépendent du centre– ville de Tlemcen [59].

❖ **La commune de Hennaya**

La commune de Hennaya est limitée par :

- Au Nord par la commune d'Ain Youcef.
- A l'Est et au Nord-Est par la commune de Chetouane.
- Au Nord-Ouest par la commune de Remchi.
- A l'Ouest par la commune de Zenâta.
- Au Sud et Sud-ouest par la commune Béni Master.
- Au Sud-Est par la commune de Tlemcen [58].

La figure III.1 présente la situation géographique du groupement urbain de Tlemcen dans l'ensemble de la Wilaya.

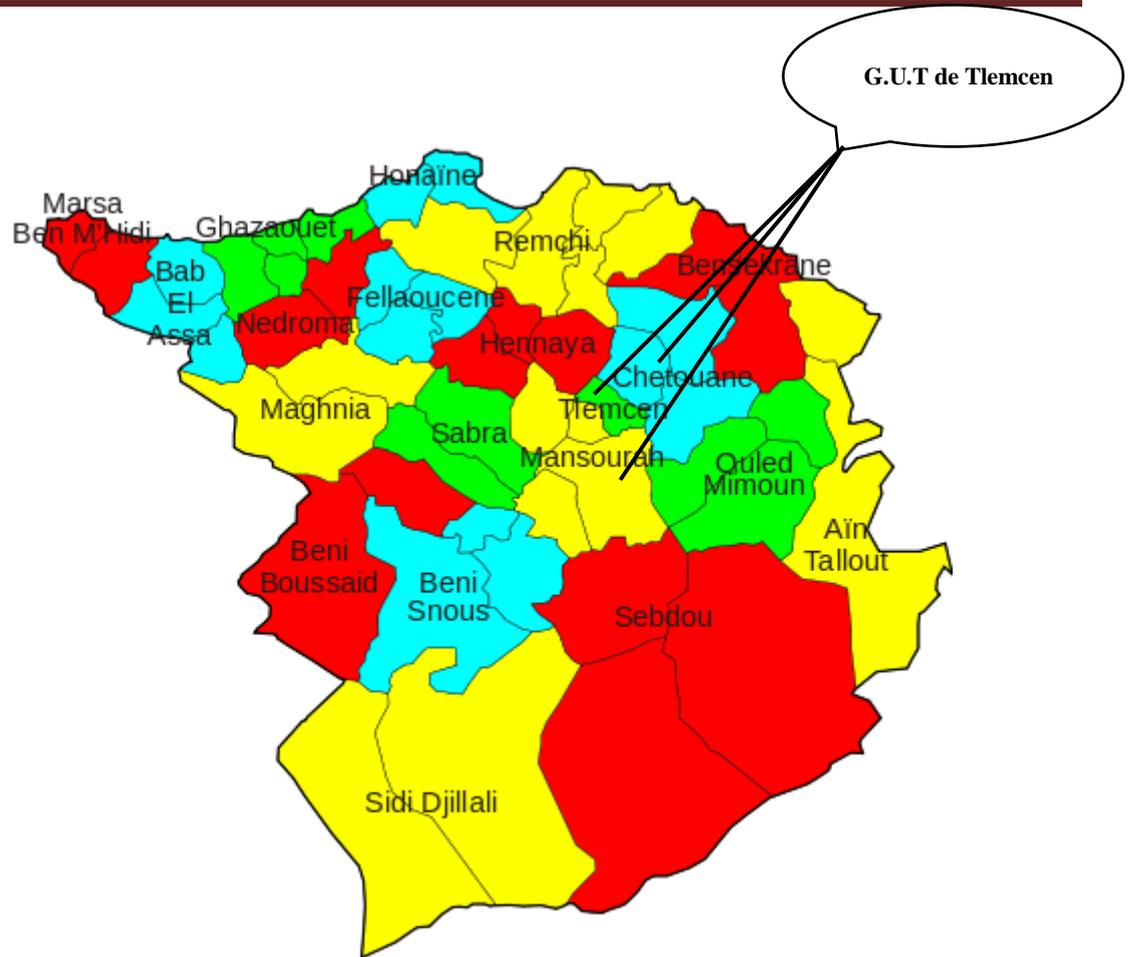


Figure III.1: Situation géographique du Groupement urbain de Tlemcen [60]

III.2.2. Aperçu hydrographique

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques. Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique. Les réseaux hydrographiques des bassins (figure III.2) ont été réalisés à la base des cartes au 1/50.000^{ème} [61].

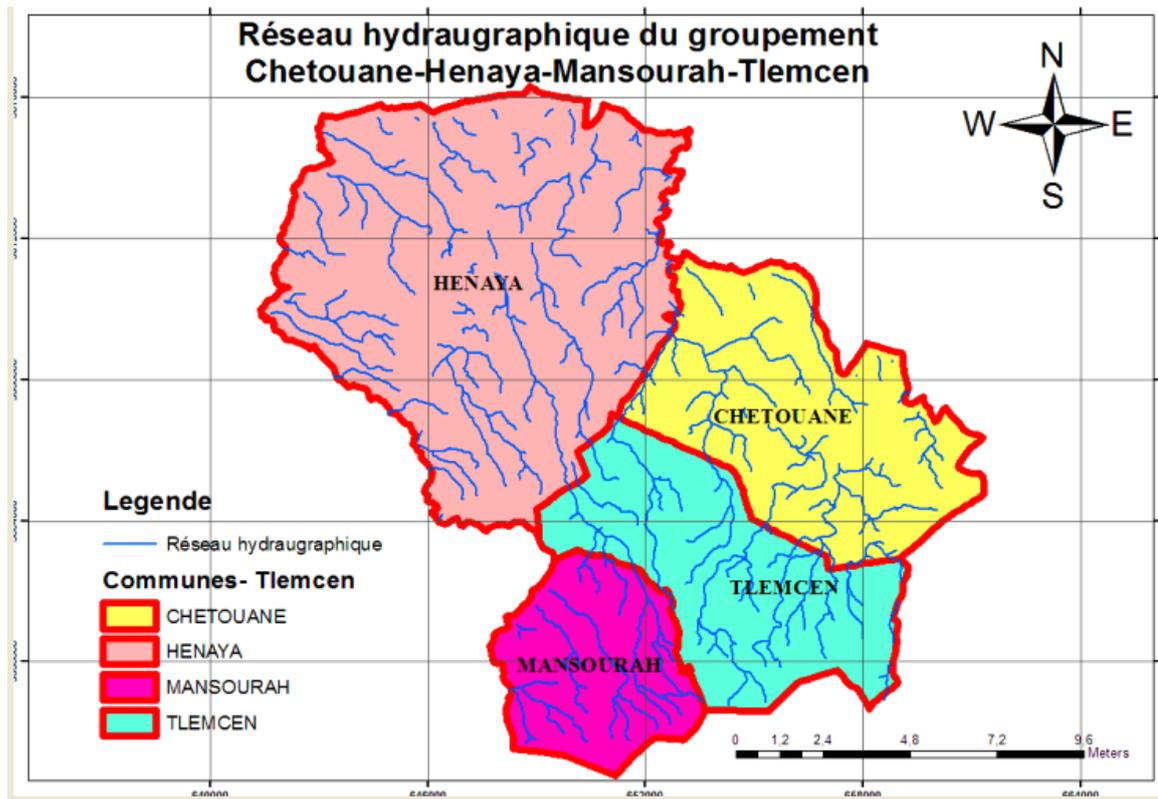


Figure III.2 : Réseau hydrographique [61]

III.2.3. Diagnostique de l'état de l'assainissement du GUT

Les directions locales de l'eau (DRE, ANAT, ONA.....) font différentes études du P.O.S et P.D.A.U sur le GUT. Elles donnent des informations sur les types et le diamètre des réseaux d'assainissement, les points de rejets et leurs milieux récepteurs [59]. Le groupement urbain (Tlemcen –Mansourah – Chetouane) dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire destiné à collecter les eaux usées (domestiques) et les eaux pluviales qui déversent hors périmètre urbain [62]. Le réseau d'assainissement existant couvre la totalité du groupement. Il est constitué d'un système composé de réseau primaire et secondaire avec des diamètres qui varient entre 200 et 1250 mm vers plusieurs points de rejets [62]. L'agglomération de Hennaya, quant à elle, est assainie par quatre principaux réseaux autonomes de type unitaire. Cette infrastructure d'assainissement assure un taux de raccordement satisfaisant de l'ordre de 100 %. Cependant, la totalité des eaux résiduelles sont rejetées sur l'Oued Seffah (appelé aussi Oued Galian) qui est le principal collecteur des effluents urbains, accentuant ainsi les risques de pollution [62]. Le tableau III.1 donne quelques caractéristiques du réseau d'assainissement des centres urbains précités.

Tableau III.1 : Caractéristiques du réseau d'assainissement des centres urbains [62]

Centres	taux de raccordement	Diamètre (mm)	Nature du réseau	Milieu Récepteur
Tlemcen	100 %	200 à 1000	Unitaire	Chaabet : -El Horra -Metchkana -Makhoukh
Chetouane	100 %	200 à 600	Unitaire	-Oued SafSaf
Mansourah	100 %	200 à 1250	Unitaire	Chalet : -Makhoukh -Bel Abbas

III.3. Présentation de la zone d'étude

III.3.1. Situation Géographique

Oued El Koudia, objet de notre étude, sépare la commune de Tlemcen et Mansourah. Il traverse l'agglomération d'El Koudia et continue jusqu'à la commune de Hennaya pour rejoindre l'Oued Galien.

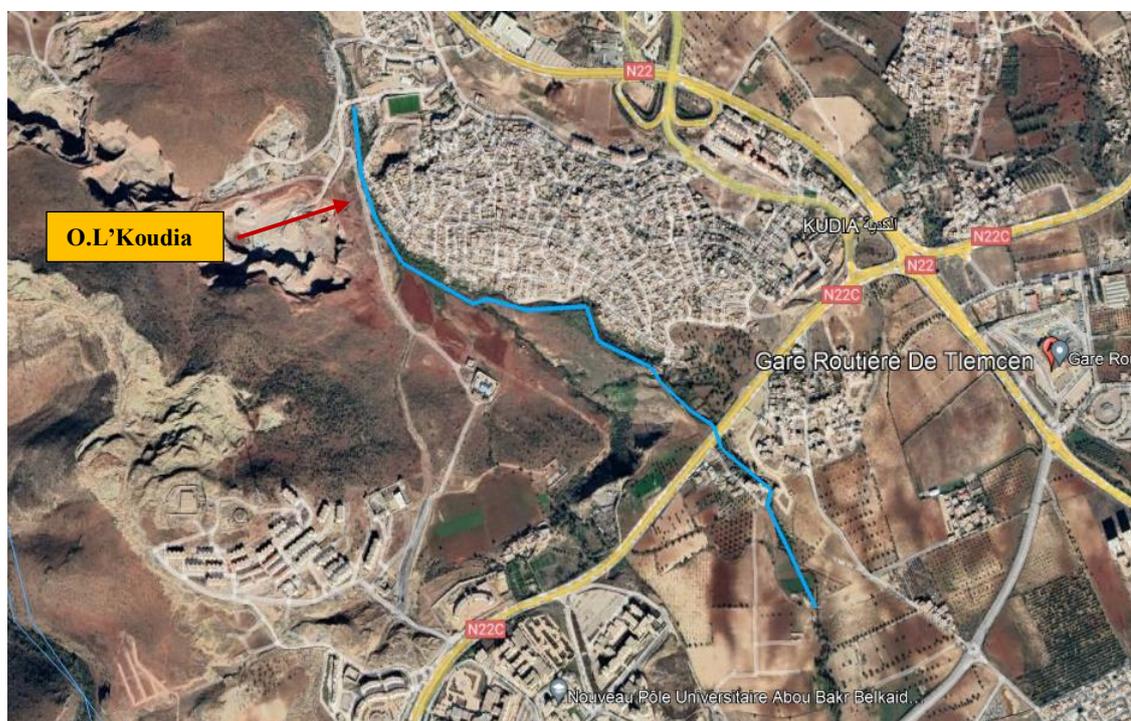
**Figure III.3** : Photo satellitaire de l'Oued El Koudia [63]



Figure III.4 : Photo satellitaire de l'Oued Galien (Hennaya) [63]

III.3.2. Situation topographique

La zone est caractérisée par un terrain semi-plat en direction vers la vallée avec un changement au niveau des altitudes qui varie de l'amont vers l'aval de 656 à 496 m. Une carte topographique de l'oued El- Koudia est donnée sur la figure III.5.

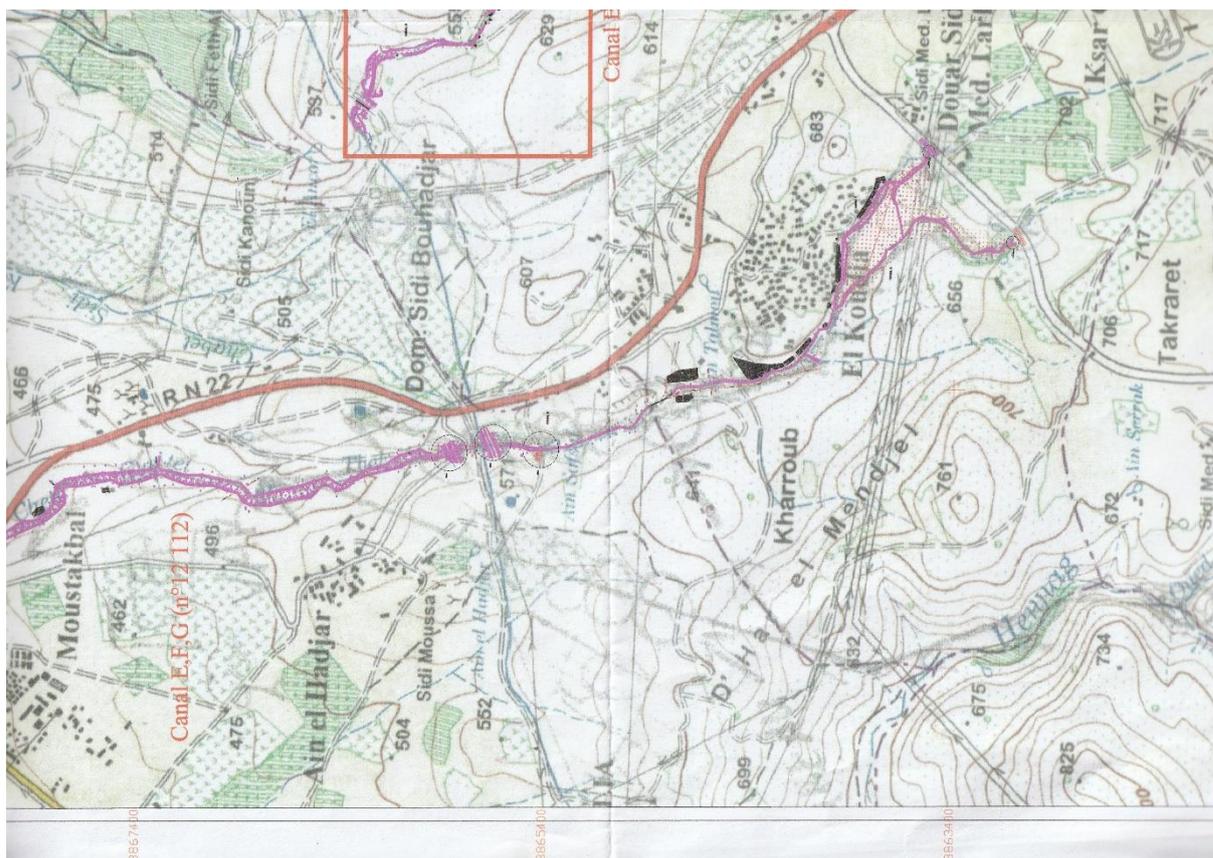


Figure III.5: Carte topographique de l'Oued El-Koudia
(Échelle = 1/20000)

III.3.3. Paramètres climatologiques

Le climat de la région est modéré sur la partie occidentale et plus particulièrement sur les dépressions et les vallées où s'installe un micro-climat.

III.3.3.1. Les précipitations

Les précipitations varient fortement d'une année à une autre et compliquent par la suite la gestion de cette ressource. Tlemcen jouit d'un régime pluviométrique complexe influencé par un climat méditerranéen caractérisé par une saison pluvieuse (de Septembre à Mai) et par un été sec. Les précipitations moyennes mensuelles durant la période 1980 – 2014 sont consignées dans le tableau III.2 et présentées sur la figure III.6.

Tableau III.2: Précipitations moyennes mensuelles (Période 1980/2014) [64]

Mois	Jan	Fér	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nové	Dé	Tot
Pluies (mm)	41,04	53,8	59,32	37,45	20,62	7,38	2,12	3,47	15,09	28,46	49,69	48,7	367,15

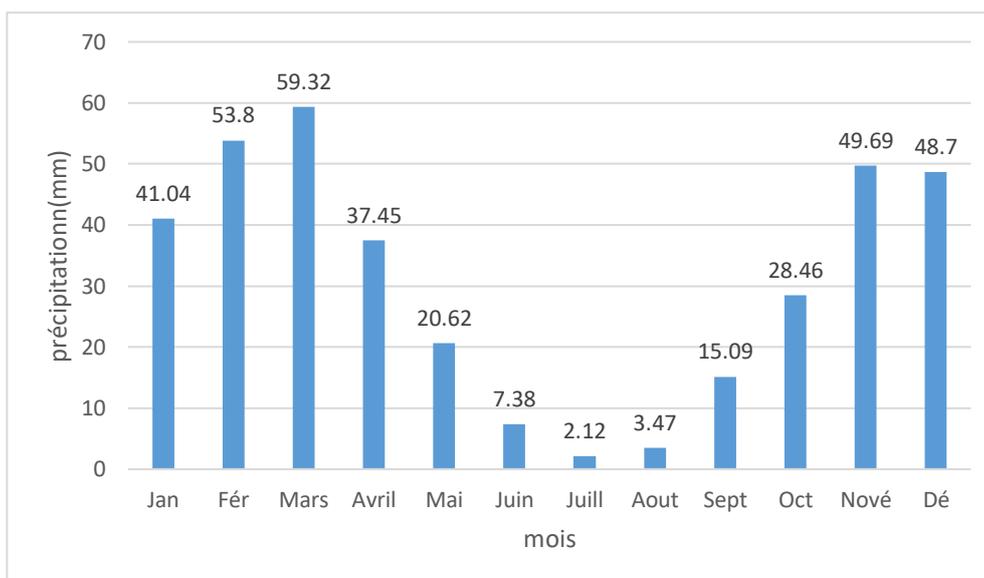


Figure III.6 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles

III.3.3.2. Température

La connaissance des températures dans une région ainsi que la maîtrise de leurs variations sont autant d'éléments fondamentaux qui conditionnent les potentialités hydriques, particulièrement par l'effet de l'évapotranspiration en matière de bilan hydrique. Les observations climatiques sont généralement irrégulièrement effectuées, surtout en ce qui concerne la température à l'échelle horaire ou journalière [61]. Les températures moyennes mensuelles de la région enregistrées par la station météorologique de Tlemcen (1990-2011). sont indiquées sur le tableau III.3 et la figure III.7.

Tableau III.3 : Températures moyennes mensuelles station de Tlemcen (1990-2011)[61]

Mois	jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jt	Aout	sept	Oct	Nov	Déc	année
Température	11,2	12,96	14,11	17,45	21,03	25	25,99	29,87	22,56	18,51	14,62	11,73	17,09

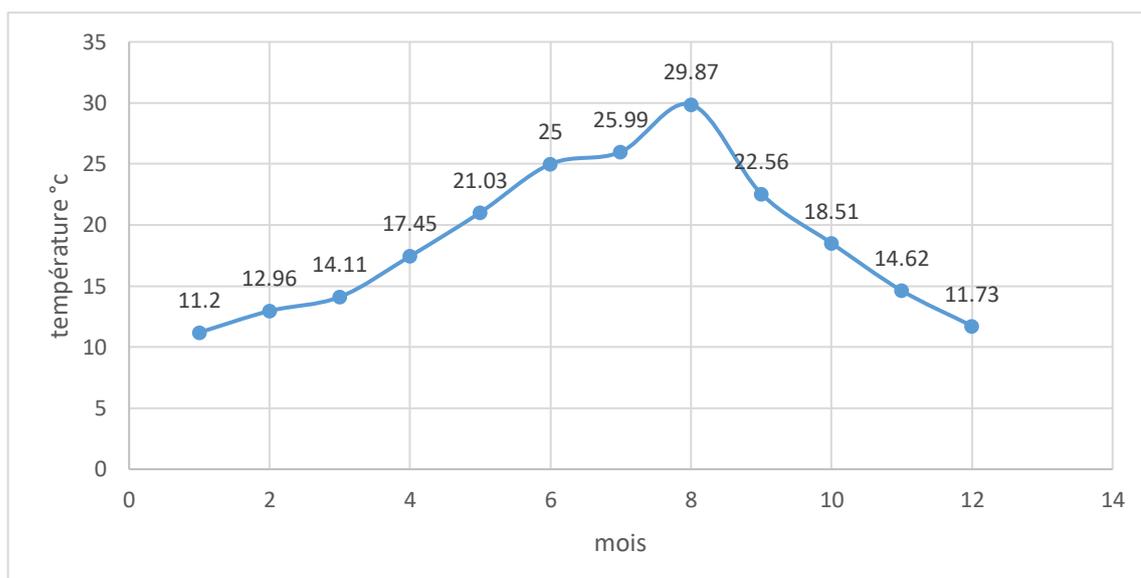


Figure III.7 : Température (en °C) moyenne mensuelles Station de Tlemcen (1990-2011).

III.3.3.3. Vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat. La possibilité de procéder à un projet d'aménagement quelconque, particulièrement dans l'édifice des ouvrages d'art, lui confère un intérêt important en matière de connaissance des vitesses maxima dont la région est soumise. Les potentialités d'évapotranspiration sont également liées aux mouvements de l'air qui conditionnent les variations du bilan hydrique à l'échelle des valeurs moyennes mensuelles et annuelles [61]. Les moyennes mensuelles des vitesses de vents de la région d'étude enregistrées durant (1990-2011), par la station de Tlemcen sont présentées sur le tableau III.4 et la figure III.8

Tableau III.4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen [61] (1990-2011).

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jt	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	année
V _{moy} (m/s)	2,16	2,28	2,32	2,7	2,42	2,56	2,51	2,48	2,28	2,01	2,4	2,37	2,37

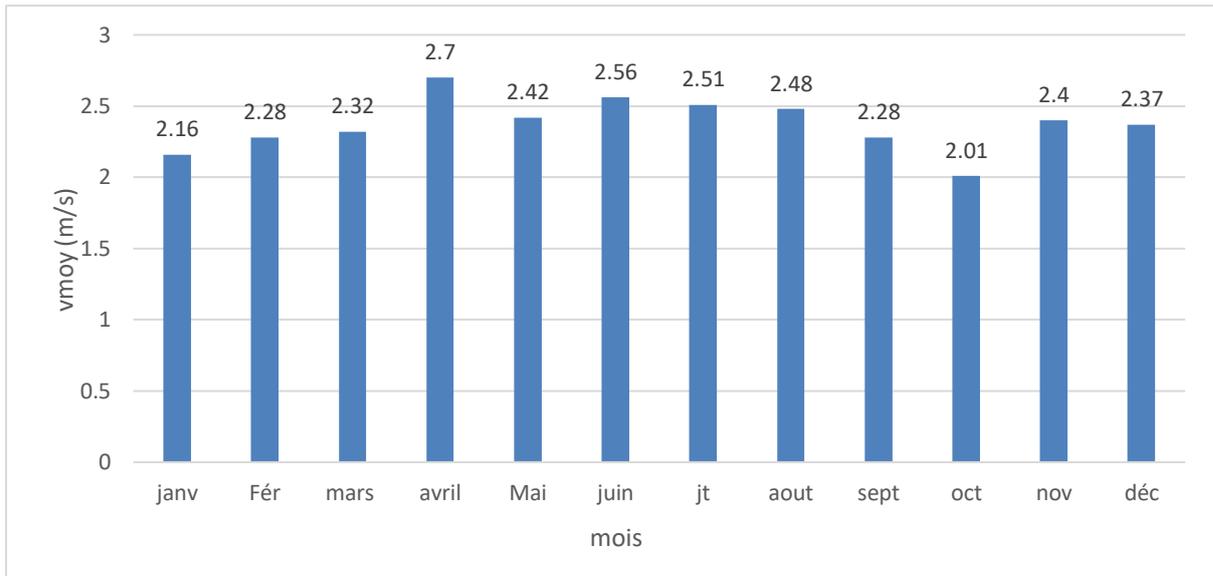


Figure III.8 : Histogramme des vitesses des vents moyennes mensuelles (1990-2011).

III.4. Etat des points des rejets de la zone d'étude

Suite à sortie sur terrain effectuée avec les techniciens de l'ONA de Tlemcen, on a relevé la présence de deux (02) points de rejets d'eaux usées qui alimentent l'Oued El-Koudia (figures III.9, III.10). Ces rejets se déversent, à leur état brut vers l'oued, et constituent ainsi un vrai problème de pollution pour le milieu récepteur.



Rejet (1^{er} point)

Figure III.9 : 1^{er} point des rejets de l'Oued El- Koudia

Rejet (2^{ème} point)Figure III.10 : 2^{ème} point de rejets de l'oued El- Koudia

III.5. Origine de ces rejets

Selon une enquête qu'on a effectuée sur terrain, les eaux usées de ces rejets déversés vers l'oued El koudia proviennent des cités et équipements indiquées sur le tableau III.5

Tableau III.5 : les différentes cités et équipements dont leurs eaux usées sont déversées vers L'oued el Koudia

Commune	Equipements	Nature de rejet	Milieu de rejet
Tlemcen	<ul style="list-style-type: none"> • Caserne (2000 lits) • Sidi El Arbi (175 hab) 	Domestique	Oued El koudia
Mansourah	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle universitaire (18641 étudiants) • Cité universitaire (1600 lits) • Cité ADDL + LSP (9100 hab) • Primaire (553 élèves) • CEM (350 élèves) 	Domestique	Oued El koudia

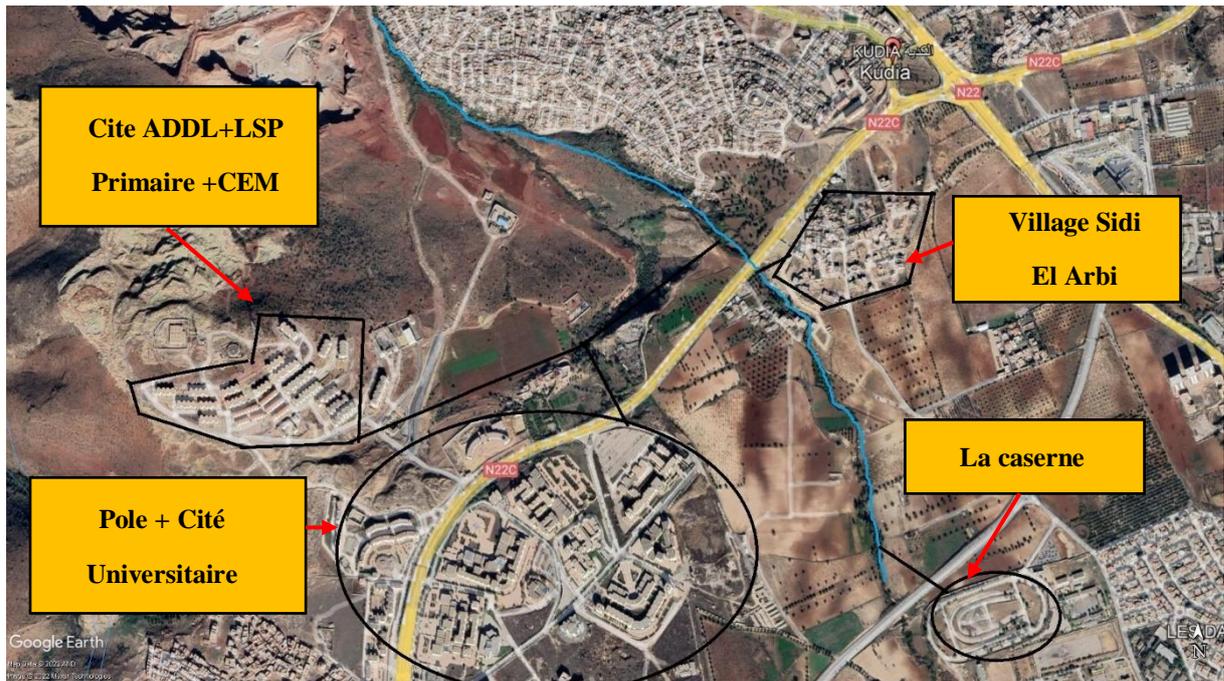


Figure III.11 : Schéma représentatif des cités et les équipements qui déversent les eaux usées vers l'oued El koudia

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les données nécessaires concernant la zone de l'Oued El koudia, du point de vue topographique, climatologique, géographique ainsi que on présenté les points de rejet des eaux usées dans l'oued ainsi que leurs origines. Ces données vont nous servir dans la proposition et le dimensionnement d'un système d'épuration de ces eaux avant leur rejet dans le milieu naturel.

CHAPITRE IV

MATERIEL ET METHODES

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Introduction

Afin de caractériser et de quantifier la pollution générés par les rejets liquides déversés dans l'Oued El koudia, il est nécessaire d'effectuer des analyses sur ces eaux brutes afin de déterminer leurs différents paramètres de pollution et d'évaluer ainsi la nature et le degré de leur pollution. Ces derniers vont nous aider dans le choix du système d'épuration à proposer pour le traitement de ces eaux.

IV.2. Prélèvement et échantillonnage

Les prélèvements de l'eau pour analyses ont été fait au point de rejet N°2 (Figure III.10) qui se jette directement dans l'Oued El koudia. Le rejet N° 1 est situé dans un terrain accidenté et dangereux à y accéder. L'échantillonnage a été fait dans des flacons en plastique préalablement bien lavés et rincés avec de l'eau à analyser. L'échantillonnage a été fait à deux reprises sur des dates différentes :

- *Echantillon 1* : fait le 01/04/2022
- *Echantillon 2* : fait le 14/04/2022.

IV.3. Matériel et méthodes

Afin de caractériser et de quantifier la pollution de ces rejets, les paramètres suivants ont été analysés :

- La température ;
- Le pH ;
- La conductivité ;
- Les matières en suspension (MES) ;
- La demande biologique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅) et
- La demande chimique en oxygène (DCO).

Cependant, et en raison de l'indisponibilité de moyens et de matériels analytiques, d'autres paramètres indicateurs de pollution dont l'azote et le phosphore n'ont pas été réalisés.

IV.3.1. Température

La température de l'eau est un paramètre qui permet d'affecter la faune et la flore dans les milieux naturels. De plus c'est un paramètre qui permet de corriger d'autres paramètres de l'eau dont les valeurs sont liées à la température, notamment la conductivité. Pour mesurer la température, on a utilisé un thermomètre à mercure. On prend l'échantillon et on plonge le thermomètre dans le bécher jusqu'à que le niveau de mercure se stabilise et on lit directement la température.

IV.3.2. pH

Le pH de l'eau constitue une mesure de la concentration en ions hydrogène. C'est un paramètre important car il influe sur le goût de l'eau (l'état de l'eau : acide, base ou neutre) et les réactions chimiques. La mesure de ce paramètre a été réalisée au moyen d'un pH-mètre.



Figure IV.1 : Photo du pH-mètre utilisé

IV.3.3. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.3.4. Matières en suspension (MES)

a)- Définition

Ceux sont les matières qui ne sont ni à l'état soluble, ni à l'état colloïdale. Elles comportent les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau usée. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons.

La détermination des matières en suspension peut se faire par l'une des 2 méthodes suivantes :

- ✚ Soit par filtration sur papier filtre
- ✚ Soit par centrifugation.

Pour réaliser cette mesure, on a utilisé la méthode par filtration.

b)- But de la manipulation

Les matières en suspension désignent l'ensemble des matières insolubles dans l'eau : sable, boues, argile, débris de roches, matière organique...

La détermination de MES, surtout dans les eaux de sortie, est un critère majeur pour maîtriser l'impact sur l'environnement car elles ont un effet néfaste par formation de sédiments et d'un écran empêchant la pénétration de la lumière et la photosynthèse (appauvrissement en oxygène de l'eau), colmatage des branchies des poissons et réserve de pollutions chimiques potentielles.

c)- Principe de la filtration

Cette méthode se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un papier filtre. Le poids de matière retenue par le filtre, noté P, est déterminé par pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) sera le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé.

- Matériels utilisés

- Dispositif de filtration ;
- Balance de précision ;
- Capsules ;
- Papier filtres ;
- Étuve pour séchage à 105°C.



Figure IV.2 : Dispositif de filtration



Figure IV.3 : Photo de la balance de pesée



Figure IV.4 : Photos des capsules



Figure IV.5 : Photo de l'étuve de séchage

- Mode opératoire

- ✓ Rincer le filtre à l'eau distillée et le sécher à l'étuve à 105 °C environ 30 à 60 min ;
- ✓ Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter son poids P_1 ;
- ✓ Homogénéiser l'échantillon à analyser ;
- ✓ Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- ✓ Déposer les filtres dans l'étuver pendant 4 h à 105°C ;
- ✓ Peser une seconde fois le filtre et noter son poids P_2 .

d)- Expression des résultats

La concentration de la matière en suspension (en mg/l) dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$[\text{MES}] = ((P_2 - P_1)/V) \times 1000 \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

P_1 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg).

P_2 : Poids du filtre sec après filtration (en mg).

$P_2 - P_1$: Poids de la matière retenue par le filtre sec (en mg). .

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

IV.3.5. Demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅)**a)- Définition**

La demande biochimique en oxygène est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimique. La détermination de la DBO₅ sert à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est à dire à mesurer le rendement.

b)- But de la manipulation

Il s'agit de déterminer la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai après une incubation durant 5 jours à 20°C et dans l'obscurité. Ce test constitue un moyen de l'étude des phénomènes naturels de dégradation des matières organiques. Cette mesure se fait soit sans dilution, soit avec dilution.

La mesure de la DBO₅ est faite selon la méthode manométrique basée sur le principe du respiromètre de WARBURG au cours duquel la respiration de la biomasse est directement mesurée sur un appareil. Un volume d'échantillon est placé dans des flacons à bouchon rodé. La DBO₅ pour une analyse dépend de la charge en substance organique et la mesure de la DBO₅ est évalué à 80% de la DCO.

c)- Mode opératoire

- ✓ Introduire un volume d'eau à analyser (V) dans la bouteille de DBO mètre en fonction de la concentration de l'eau ;
- ✓ Mettre un barreau magnétique dans la bouteille ;

- ✓ Mettre dans le premier bouchon en plastique une ou deux cristaux de NaOH pour absorber l'humidité ;
- ✓ Fermer la bouteille de la DBO mètre par le deuxième bouchon qui est sous forme d'une tête avec un afficheur électronique ;
- ✓ Laisser le DBO mètre sous une agitation magnétique pendant cinq jours.



Figure IV.6 : Photo des bouteilles oxytopes



Figure IV.7 : Photo de l'incubateur bactériologie IN55-Memmert

d)- Expression et résultat

- ❖ On lit la valeur affichée sur le DBO mètre.
- ❖ On multiplie cette valeur par un facteur selon le volume (V) introduit :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur} \quad (\text{IV.2})$$

Tableau IV.1 : Facteur de conversion de la DBO₅ en fonction du volume de prise.

La charge	Porté de mesure	Volume (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

IV.3.6. La demande chimique en oxygène (DCO)**a)- Définition**

La demande chimique en oxygène (DCO) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique certaines matières organiques ou inorganique contenue dans l'eau.

b)- Principe de la mesure

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées à l'ébullition (150°C) par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent jouant le rôle de catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

Les matières oxydables (ou les matières organiques) de l'échantillon sont oxydées par le dichromate de potassium dans les conditions précitées.

c)- Matériels utilisés

Les équipements nécessaires sont les suivant :

- ✓ Un réacteur pour le chauffage à 105°C ;
- ✓ Pipette graduée double trait ;
- ✓ Matras à goulot large ;

- ✓ Ballons gradués ;
- ✓ Burette ;
- ✓ Cylindres gradués ;
- ✓ Bille de verre.

d)- Mode opératoire

- ✓ Dans un tube de réaction introduire 10ml d'échantillon. Si la DCO de l'échantillon est supérieure à 800 mg/l, une dilution appropriée devra réalisée ;
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution de dichromate de potassium (0.04) ;
- ✓ Ajouter, lentement et avec précaution ; 15ml de la solution d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent, en agitant soigneusement le tube ;
- ✓ Placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition ($150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) pendant 2 heures ;
- ✓ Retirer les tubes. Les laisser refroidir ;
- ✓ Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de féroïen et titrer avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.



Figure IV.8 : Photo du digesteur (réacteur DCO pour le chauffage)

e)- Expression et résultat

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimé en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$\text{DCO} = 8000(V_1 - V_2) * (N/V) \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

V_2 : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml) de l'échantillon.

V_1 : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml).

N : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l.

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

CHAPITRE V

RESULTATS ET INTERPRETATIONS ET PROPOSITION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME D'EPURATION

Chapitre V

Résultats et interprétations – Proposition et dimensionnement
d'un système de traitement

V.1.Introduction

Dans le présent chapitre, nous présentons les résultats des analyses de quelques paramètres de pollution des eaux usées de l'Oued El Koudia ainsi que leurs interprétations. En outre, une proposition avec calculs d'un système de traitement est donnée.

V.2.Caractérisation et quantification de la pollution des eaux de l'oued

La caractérisation et la quantification de la pollution des eaux de l'oued El koudia a été faite sur 02 échantillons de 1 L d'eau prélevés à partir du rejet 2. Les analyses ont été effectuées sur les paramètres suivants : température, pH, conductivité, Matière en suspension, demande chimique en oxygène (DCO) et demande biologique en oxygène (DBO₅). De plus nous avons noté quelques remarques sur la qualité organoleptique de l'eau (couleur, odeur). Les résultats obtenus sont indiqués sur le tableau V.1 ci-dessous :

Tableau V.1 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées de l'oued El koudia

Paramètre	Unité	Echantillon 1	Echantillon 2
Couleur	-	Marron foncé	Marron foncé
Odeur	-	Très désagréable	Très désagréable
Température	°C	20	20
pH	-	5,94	6,29
Conductivité	(μ s/cm)	1388	1431
Matière en suspension MES	(mg/l)	343,5	462,5
Demande chimique en oxygène DCO	mg O ₂ /l	577	615
Demande biochimique en oxygène DBO ₅	mg O ₂ /l	388	400
Rapport de biodégradabilité K = DCO/DBO ₅	/	1,49	1,53

D'après les résultats obtenus et indiqués sur le tableau (V.1) ci dessus, on constate que :

- les valeurs du pH des eaux usées de l'oued El koudia sont légèrement acides (pH varie de 5,94 à 6.29) et restent dans les valeurs de pH caractéristiques des eaux usées

urbaines. Cette légère diminution du pH par rapport à la neutralité peut être attribuée à la formation d'acide carbonique (CO_2) dans l'eau qui a tendance à abaisser le pH de l'eau. ;

- Les valeurs de la température de l'eau trouvées pour les deux échantillons sont identiques ($T = 20^\circ$). La température de l'eau dépend de la température de l'air qui est liée aux conditions météorologiques de la région. La valeur de la température obtenue est favorable pour le développement des bactéries si on veut les utiliser comme support pour traiter ces eaux ;
- les valeurs de la conductivité varient de 1388 à 1431 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (soit en moyenne 1400 $\mu\text{s}/\text{cm}$) confirme leur nature urbaine. Les eaux usées ne sont pas chargées en sels dissous qui entravent leur traitement par voie biologique.
- Pour les matières en suspension (MES), DBO_5 et DCO, les résultats des analyses obtenus (tableau V.1) sont conformes à la réglementation en vigueur (décret N°09-203 du 17 juin 2009) spécifiant la qualité des eaux usées brutes au moment de leur déversement vers le réseau public d'assainissement (voir Annexe 1).
- Enfin, les constats physiques sur la couleur (marron foncé) et l'odeur (nauséabonde) de l'eau font preuve de leur qualité d'égout d'origine urbaine (rapport de biodégradabilité $K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 < 2,5$).

V.3. Proposition et dimensionnement d'un système de traitement

En Algérie, le parc national en station d'épuration compte plusieurs stations dont plus de la moitié sont de type lagunage. Ce procédé, très recommandé pour les faibles débits, se distingue des autres procédés (tel que boues activées) par son faible coût. En raisons de plusieurs considérations techniques notamment le faible débit des eaux usées à traiter et la disponibilité de terrain, rocheux et non agricole, à côté du rejet, on a choisi dans ce travail, la proposition du lagunage comme système d'épuration des eaux usées de l'oued El koudia. Un dimensionnement de deux variantes de lagunage (l'un naturel et l'autre aéré) est donné à la suite de ce travail.

V.3.1 Estimation de la population

Les systèmes de lagunage sont généralement dimensionnés pour des Horizons de 10 à 15 ans. Dans ce travail, on pris 15 ans, soit la population à l'horizon 2037. Les données de base utilisées pour le calcul de l'évolution approximative de la population sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Données de base pour l'estimation de la population à l'horizon 2037

Paramètre	Valeurs
Population actuelle (2022)	32419 hab
Taux d'accroissement	1,2 %
Horizons de l'étude fixé	2037
Population à l'horizon (2037)	38771 habitants

La population de l'année future est estimée à l'aide de l'équation suivante :

$$P_n = P_0 \times (1+\alpha)^n \quad (\text{V.1})$$

Avec : P_n : Population future.

P_0 : Population actuelle.

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

α : Taux d'accroissement 1,2 % (source D.P.A.T).

Soit la population estimée pour l'horizon 2037,

$$P_{2037} = 32419 \times (1+0,012)^{15} = \mathbf{38771 \text{ habitants.}}$$

V.3.2.Calcul des débits en eau potable et eaux usées à l'horizon 2037

Le débit moyen des eaux usées d'une agglomération est calculé sur la base de la consommation moyenne en eau potable par jour /hab affectée à un taux de rejet à l'égout.

a) Débit moyens journaliers en eau potable

On a fixé la dotation en eau potable $D = 150$ l/j/hab avec nombre d'habitants. Le débit moyen journalier en eau potable est calculé par la formule suivante :

$$Q_j(\text{AEP}) = D \times P \quad (\text{V.2})$$

Avec : N : Nombre d'habitants

D : Dotation moyenne journalière en eau potable (l/j/hab)

$$\text{Donc } Q_j(\text{AEP}) = 150 \times 38771 = 5815654 \text{ l/j} = \mathbf{5815,65 \text{ m}^3/\text{j}}$$

b) Débit moyen d'eau usée total journalier

Dans la pratique, on estime que 80% de Q_{mEP} passe en égout, donc le débit moyen en eau usée est tiré comme :

$$Q_m(\text{EU}) = 80\% \times Q_{mEP} \quad (\text{V.3})$$

$$\text{Soit : } Q_{mj}(\text{EU}) = 0,8 \times 5815,65 = \mathbf{4652,52 \text{ m}^3/\text{j} = 194 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

c) Débit de pointe

On le calcule avec la formule suivante :

$$Q_p = C_p \times Q_{mh} \quad (V.4)$$

Avec : C_p : (le coefficient de pointe) calculé comme suit :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m} \text{ L/S}} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{53,85}} = 1,84, \text{ avec } Q_m = 53,85 \text{ l/s}$$

$$\text{Donc } Q_p = 1,84 \times 194 = \mathbf{356,83 \text{ m}^3/\text{h}}$$

V.5. Calcul des charges polluantes

V.5.1. Estimation des charges polluantes

L'équivalent habitant correspond à la quantité de pollution générée par habitant et par jour. Les charges de pollution par habitant sont calculées sur les estimations accordées à l'équivalent habitant suivantes :

- la pollution en DBO_5 est estimée à 54 g/hab/j de DBO_5 ;
- la pollution due aux M.E.S est estimée de 70 à 90 g/hab/j ;
- la pollution en DCO de 120 à 180 g/hab/j ;
- Pour les êtres humains la quantité d'azote total est de l'ordre de 10 à 15 g/hab/j.

V.5.2. Charge en DBO_5

Elle est déterminée par la relation suivante :

$$\text{La charge en } \text{DBO}_5 = 54 \times \text{Nombre d'habitants} \quad (V.5)$$

$$\text{Donc : } C_{\text{DBO}_5} = 54 \times 38771 = 2093635,443 \text{ g/j} = \mathbf{2093,64 \text{ kg/j}}$$

La concentration est donnée par la relation suivante :

$$[\text{DBO}_5] = \frac{C_{\text{DBO}_5}}{Q_{jEU}} \quad (V.6)$$

$$\text{Soit } [\text{DBO}_5] = \frac{2093,64}{4652,52} = 0,45 \text{ kg/m}^3 = 0,45 \times 10^3 = \mathbf{450 \text{ g/m}^3}$$

V.5.3. Charge en matières en suspension (M.E.S)

Pour les MES, on l'a estimée de 70 g/hab/j.

$$\text{La charge en MES} = 70 \times \text{Nombre d'habitants} \quad (V.7)$$

$$C_{\text{DBO}_5} = 70 \times 38771 = 2713971,87 \text{ g/j} = \mathbf{2713,97 \text{ kg/j}}$$

Soit une concentration en MES égale à :

$$[\text{MES}] = \frac{C_{\text{MES}}}{Q_{jEU}} \quad (V.8)$$

$$[\text{MES}] = \frac{2713,97}{4652,52} = 0,583 \text{ kg/m}^3 = 0,583 \times 10^3 = \mathbf{583 \text{ g/m}^3}$$

V.5.4. Charge en DCO

Pour la DCO, on l'a estimée la pollution à 130 g/hab/j.

$$\text{Donc La charge en DCO} = 130 \times \text{Nombre d'habitants} \quad (V.9)$$

$$C_{DBO5} = 130 \times 38771 = 5040233,47 \text{ g/j} = \mathbf{5040,23 \text{ kg/j}}$$

Soit une concentration en DCO égale à :

$$[DCO] = \frac{C_{DCO}}{Q_{JEU}} \quad (\text{V.10})$$

$$[DCO] = \frac{5040,23}{4652,52} = 1,08333 \text{ kg/m}^3 = 1,08333 \times 10^3 = \mathbf{1083,33 \text{ g/m}^3}$$

V.5.5 Charge en azote total (Nt)

Le calcul de la charge d'azote à été fait sur une pollution en azote à 12,5 g/hab/j

$$\text{La charge en Nt} = \mathbf{12,5 \times \text{Nombre d'habitants}} \quad (\text{V.11})$$

$$\text{Soit une charge : } C_{Nt} = 12,5 \times 38771 = 484637,83 \text{ g/j} = \mathbf{484,64 \text{ kg/j}}$$

Ou encore une concentration

$$[Nt] = \frac{C_{Nt}}{Q_{JEU}} \quad (\text{V.12})$$

$$[Nt] = \frac{484,64}{4652,52} = 0,10417 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{104,17 \text{ g/m}^3}$$

V.6. L'indice de biodégradabilité

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

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que, $K = DCO/DBO_5$:

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

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physico-chimique [65].

Dans notre cas :

$$\frac{[DCO]}{[DBO5]} = \frac{1088,33}{450} = \mathbf{2,4}$$

Chapitre V Résultats et interprétations – Proposition et dimensionnement d'un système de traitement

Donc d'après l'indice de biodégradabilité, nous avons un effluent avec une biodégradabilité moyenne et facile c'est-à-dire des eaux résiduaires susceptibles de subir un traitement biologique.

Le tableau V.3 suivant résume les données de base nécessaires pour le dimensionnement de notre système de traitement

Tableau V.3 : Récapitulatif des données de base

Les données de base	
Horizon	2037
Population en 2037 (habitants)	38771
Les débits	
Débit moyen journalier en AEP (m ³ /j)	5815,65
Débit moyen journalier en eau usée (m ³ /j)	4652,52
Débit moyen horaire (m ³ /h)	194
Débit de pointe (m ³ /h)	356,83
Rations utilisées pour l'estimation des charges polluantes	
DBO ₅ (g/hab/j)	54
M.E.S(g/hab/j)	70
DCO (g/hab/j)	130
Nt (g/hab/j)	12.5
Charges et concentrations	
Charge en DBO ₅ (kg/j)	2093,64
Charge en M.E.S (kg/j)	2713,97
La charge en DCO (kg/j)	5040,23
Charge en azote total (Nt) (kg/j)	484,64
Concentration en DBO ₅ (mg/l)	450
Concentration en M.E.S (mg/l)	583
Concentration en DCO (mg/l)	1083,33
Concentration en azote total (Nt) (mg/l)	104,17
Indice de biodégradabilité	2,4

V.7.Proposition et dimensionnement des filières de traitement

V.7.1 Prétraitement

Le prétraitement des effluents urbains a pour but d'alléger la pollution des eaux brutes en éliminant ces matières, parmi ces opérations on trouve :

- ❖ Le dégrillage.
- ❖ Le dessablage- déshuilage.

a) Calculs du dégrilleur

Dans notre cas, on propose d'utiliser le dégrillage fin automatique.

- Calcul des pertes de charges causées par le dégrilleur

On détermine la perte de charge dans un dégrilleur par la relation suivante :

$$\Delta h = \beta \times \left(\frac{e}{E}\right)^{4/3} \times \frac{V^2}{2g} \sin \alpha \quad (\text{V.13})$$

Avec :

- Δh : perte de charge (m).
- β : Coefficient dépendant de la forme des barreaux.
- $\beta = 1.79$ pour les barreaux de section ronde et $\beta = 2.42$ pour les barreaux de section rectangulaire
- E : Espace entre-barreaux (cm).
- e : épaisseur des barreaux (cm).
- v : la vitesse de passage dans le dégrilleur.
- g : l'accélération de pesanteur (m/s^2), $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
- α : Angle de l'inclinaison du dégrilleur [66].

Pour notre dégrilleur, on propose les valeurs suivantes :

- E (Espace entre-barreaux) = 1 cm
- e (épaisseur des barreaux) = 0,8 cm
- V (la vitesse de passage dans le dégrilleur) = 0,5 m/s
- α (Angle de l'inclinaison du dégrilleur) = 90°
- C (coefficient de colmatage de la grille) = 0.5

A la suite de ces propositions, on trouve :

✓ **Pour les barreaux rectangulaires :**

$$\Delta h = 2,42 \times \left(\frac{0,8}{1}\right)^{4/3} \times \frac{0,5^2}{2 \times 9,81} \times \sin 90$$

$$\Delta h = 0,0229 \text{ m} = \mathbf{22,9 \text{ mm}}$$

✓ **Pour les barreaux ronds :**

$$\Delta h = 1,79 \times \left(\frac{0,8}{1}\right)^{4/3} \times \frac{0,5^2}{2 \times 9,81} \times \sin 90$$

$$\Delta h = 0,0169 \text{ m} = \mathbf{16,9 \text{ mm}}$$

Les pertes de charge obtenues pour des barreaux ronds sont faibles par rapport aux barreaux rectangulaires. Donc il serait préférable de choisir des dégrilleurs avec des barreaux ronds.

- Calcul de la surface du dégrilleur

La surface du dégrilleur est calculée par la formule suivante :

$$S = \frac{Q_p}{V \times O \times C} \quad (V.14)$$

Avec :

- Q_p : Débit de pointe des eaux usées (m^3/s) ;
- V : Vitesse de passage dans le dégrilleur (m/s) ;
- C : Coefficient de colmatage de la grille ;
- O : Fraction de surface occupée par les barreaux

$$O = \frac{E}{e+E} \quad (V.15)$$

Avec :

- E : Espace entre-barreaux (cm) ;
- e : épaisseur des barreaux (cm) ;

Pour notre étude, le débit de pointe (m^3/h) = 356,83 = 0,099 m^3/s

$$\text{Donc } O = \frac{1}{1+0,8} = 0,56$$

$$\text{Soit } S = \frac{0,099}{0,5 \times 0,55 \times 0,5} = \mathbf{0,71 \text{ m}^2}$$

- Calcul de la largeur du dégrilleur

La largeur de la grille est donnée par la relation suivant :

$$S = L \times h_{\max} \quad (V.16)$$

$$\text{soit } L = \frac{S}{h_{\max}}$$

Avec :

- L : Largeur du dégrilleur (m).
- S : Surface du dégrilleur (m^2).
- h_{\max} : hauteur maximale admissible sur le dégrilleur (m).

Nous prenons dans notre cas $h_{\max} = 0.8 \text{ m}$

$$\text{Ce qui donne une longueur } L = \frac{0,71}{0,8} = 0,9 \text{ m, soit } L = 1 \text{ m}$$

- Calcul du volume des déchets retenus

Le volume des déchets retenus par le dégrilleur à l'horizon de 2037 :

$$V \text{ (m}^3\text{/j)} = \frac{\text{Nombre d'habitants (2037)} \times V_r}{365 \text{ (jour)}} \quad (V.17)$$

Avec :

- V_r : le volume retenu
- Pour les dégrilleurs fin le V_r varie de 5 à 10 l/an/hab [67].

Nous prenons $V_r = 7 \text{ l/hab/an}$.

$$\text{Donc } V = \frac{38771 \times 7 \times 10^{-3}}{365} = 0,74 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le tableau V.4 donne un récapitulatif des calculs trouvés pour le dimensionnement du dégrilleur.

Tableau V.4 : Récapitulatif des résultats de calculs du dégrilleur

Dégrilleur		
Paramètres	Unité	L'horizon 2037
Forme des barreaux	/	ronde
(Angle de l'inclinaison du dégrilleur) α	°	90
(Espace entre-barreaux) E	cm	1
(Épaisseur des barreaux) e	cm	0,8
h_{\max}	m	0,8
Largeur (l)	m	1
Surface (S)	m ²	0,71
Pertes de charges	mm	16,9
Volume des déchets retenus	m ³ /j	0,74

b) Calculs du dessableur-déshuileur

Pour la décantation des particules dans les dessableurs, il faut vérifier la condition suivante :

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_c} \text{ ou } V_e < V_c \quad \text{(V.18)}$$

Avec : L : Longueur du bassin (m).

H : Profondeur du bassin (H = 1 à 3 m).

V_e : Vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est $V_e = 0.2$ à 0.5 m/s).

V_c : Vitesse de chute (la vitesse $V_s = 10$ à 15 m/h pour le débit de pointe en temps sec.

L/H : varier de 10 à 15.

t_s : Le temps de séjour et compris entre 3 à 10 minutes au débit de pointe [68].

On propose dans notre cas :

H : Profondeur du bassin = 2 m.

V_c : Vitesse de chute = $15 \text{ m/h} = 0,0042 \text{ m/s}$.

V_e : Vitesse horizontale = $0,3 \text{ m/s}$.

t_s : temps de séjour = 10 min.

$L/H = 10$.

- Volume du dessableur-déshuileur (V)

Le volume estimé par la formule suivante :

$$Q_p = \frac{V}{t_s} = Q_p \times t_s \quad \text{(V.19)}$$

$$= 356,83 \text{ m}^3/\text{h} = 0,099 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Avec $t_s = 10$ min.

$$V = 0,099 \times 10 \times 60 = 59,5 \text{ m}^3.$$

- Surface horizontale du dessableur -deshuileur

La surface estimée par la formule suivant :

$$S_h = \frac{V}{H} \quad (\text{V.20})$$

Soit
$$S_h = \frac{59,5}{2} = 29,7 \text{ m}^2$$

- Longueur du dessableur-déshuileur

On prend $L/H = 10$ donc $L = 10 \times H = 10 \times 2 = 20 \text{ m}$

- Largeur du dessableur-déshuileur

On a $S_h = L * l \rightarrow l = S_h/L = 29,7/20 = 1,5 \text{ m}$

-Volume d'air à insuffler dans le dessableur

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5 m³d'air /m³ d'eau

$$Q_{\text{air}} = Q_p \times V \quad (\text{V.21})$$

V : Volume d'air à injecter (m³),

Q_p : débit de pointe en temps sec (m³/s) [68].

On prend $V = 1,5 \text{ m}^3$, donc $Q_{\text{air}} = 0,099 \times 1,5 = 0,149 \text{ m}^3/\text{s} = 535 \text{ m}^3 \text{ d'air/h.}$

Vérification de la condition de dimensionnement

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_c} \rightarrow \frac{20}{2} < \frac{0,3}{0,0042}$$

On a : $10 < 71,42$, donc la condition de dimensionnement est vérifiée.

-Calcul des quantités des matières éliminées par le dessableur

Le dessableur élimine 80 % de la matière minérale existant dans les eaux usées. La matière minérale représente 20% de la charge en matière en suspension (MES), les 80 % restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS) [69].

Partant de ces hypothèses, on trouve :

$$\text{MES} = 80\% \text{ MVS} + 20\% \text{ MM}$$

- Les matières minérales totales

$$\text{MM} = 0,20 * 2713,97 = 542,79 \text{ kg/j}$$

- Les matières volatiles en suspension

$$\text{MVS} = 0,80 * 2713,97 = 2171,18 \text{ kg/j}$$

- Les matières minérales éliminées par le dessableur

$$\text{MMe} = 0,80 * 542,79 = 434,24 \text{ kg/j}$$

- Les matières minérales à la sortie de dessableur

$$\text{MMs} = 542,79 - 434,24 = \mathbf{108,56 \text{ kg/j}}$$

- MES sortants du dessableur

$$\text{MESs} = 2171,18 + 108,56 = \mathbf{2279,74 \text{ kg/j}}$$

Le tableau V.5 résume les résultats de dimensionnement du dessableur-déshuileur pour horizons (2037) fixé.

Tableau V.5 : Récapitulatif des résultats de calcul des dimensions du dessableur-déshuileur

<i>Paramètre</i>	<i>Unité</i>	<i>Horizon 2037</i>
Surface horizontale (Sh)	m ²	29,7
Volume (V)	m ³	59,5
Hauteur (H)	M	2
Longueur (L)	M	20
Largeur (l)	M	1,5
Temps de séjour par temps sec (ts)	Min	10
Quantité d'air à injecter (q_{air})	m ³ d'air /h	535
Matières minérales totales(MM)	Kg /j	542,79
Matières volatiles en suspension (MVS)	Kg /j	2171,18
Matières minérales éliminées par le dessableur (MMe)	Kg /j	434,24
Matières minérales à la sortie de dessableur (MMs)	Kg /j	108,56
Matières en suspension à la sortie de dessableur (MESs)	Kg /j	2279,74

V.7.2 Traitement biologique

Dans cette phase de traitement biologique, nous propose de faire le dimensionnement de deux variantes de lagunage :

- ❖ Variante "1" : lagunage naturel.
- ❖ Variante "2" : lagunage aéré.

1^{er} Cas : Variante "1" (Lagunage naturel)

a) Dimensionnement des bassins anaérobies

Ces bassins servent au piégeage et la séparation gravitaire des matières à décanter des eaux usées brutes et à la décomposition des boues décantées par digestion anaérobie au fond des bassins.

- Calcul des surfaces

Le dimensionnement des bassins anaérobies se base principalement sur la charge volumique, alors que la charge surfacique n'est qu'un critère de vérification. Une valeur

minimale de 1000 kg/ha/j est fixée pour que les conditions d'anaérobiose soient prépondérantes.

La surface S_t des bassins anaérobies est donnée par l'équation ci après :

$$S_t = \frac{\text{Charge brute en DB05}}{C_v \times P} \quad (\text{V.22})$$

Avec :

- S_T : Surface totale des bassins anaérobies (m^2).
- Charge volumique adoptée (pour notre cas on prend $C_v = 220 \text{ g/m}^3/\text{j}$).
- P : profondeur d'eau en m, prise égale à 3,5 m ($2,5 \leq P \leq 4,5$) [70].

Donc :

$$S_t = \frac{2093,64 \times 1000}{220 \times 3,5} = 2719 \text{ m}^2$$

Si on prévoit deux bassins anaérobies en parallèle, la surface de chaque bassin ou surface unitaire S_u sera égale à :

$$S_u = \frac{S_t}{2} = \frac{2719}{2} = 1359,5 \text{ m}^2$$

- Calcul de la largeur totale (l)

Le bassin anaérobie est de forme rectangulaire :

$$\frac{L}{l} = 3 \quad \text{donc} \quad L = 3 \times l$$

$$S_t = l \times L \rightarrow S_t = 3 l^2 \rightarrow l = \sqrt{\frac{S_t}{3}} = \sqrt{\frac{2719}{3}} = 30 \text{ m}$$

- Calcul de la longueur totale (L)

$$\text{On a : } L = 3 l \rightarrow L = 3 \times 30 = 90 \text{ m}$$

- Calcul des volumes

➤ Le volume des deux bassins (sans boue)

Le volume V des bassins anaérobies sera égal à [70] :

$$V_{sb} = S_t \times P \quad (\text{V.23})$$

$$\text{Donc} \quad V = 2719 \times 3,5 = 9516,5 \text{ m}^3$$

➤ Le volume des boues :

Le volume V des bassins anaérobies sera déterminé par la relation suivante :

$$V_B = \text{Population} \times Pr \times Fc \quad (\text{V.24})$$

Avec :

- P_r : La production annuelle moyenne de boues dans les bassins anaérobies.
- F_c : La fréquence de curage [70].

La production annuelle moyenne de boues dans les bassins anaérobies ($P_b = 40$ l/hab/an), ainsi pour une fréquence de curage de deux ans ($F_c = 2$), le volume de boues (V_b) égale :

$$V_b = 38771 \times (0,04) \times 2 = \mathbf{3101,7 \text{ m}^3}$$

➤ **Le volume total**

Le volume total (V) des bassins t anaérobies en tenant compte du volume des boues

$$V_t = V_b + V_{sb} \quad (\mathbf{V.25})$$

Avec :

- V_t : Volume total du bassin anaérobie.
- V_{sb} : Volume des deux bassins anaérobie sans boue.
- V_b : Volume des boues produites [70].

Soit $V_t = 3101,7 + 9516,5 = \mathbf{12618,18 \text{ m}^3}$

➤ **Le volume unitaire**

Le volume unitaire de chaque bassin $V(U)$ sera égale à

$$V(U) = \frac{V_T}{2} = \frac{12618,18}{2} = \mathbf{6309,09 \text{ m}^3}$$

- Calcul du temps de séjour

Le temps de séjour hydraulique (t_s) dans les bassins anaérobies est déduit à partir de la relation.

$$t_s = \frac{V_T}{Q_{jEU}} \quad (\mathbf{V.26})$$

$$t_s = \frac{12618,18}{4652,52} = \mathbf{3 \text{ jours}}$$

- Calcul de la concentration de la DBO₅ sortie du bassin anaérobie

Pour une température de 4,5°C ($T < 16^\circ\text{C}$), l'abattement de la DBO₅ est d'environ 52 % [70]. La concentration en DBO₅ à la sortie des bassins anaérobies est donnée par la relation:

$$[DBO_5]_S = (1 - R) \times [DBO]_E \quad (\mathbf{V.27})$$

Soit $[DBO_5]_S = (1 - 0,52) \times 450 = \mathbf{216 \text{ mg/l}}$

- Calcul de la charge de la DBO₅ sortie du bassin anaérobie

La charge DBO₅ à la sortie des bassins anaérobies est exprimée par l'équation ci-dessous:

$$C (DBO_5)_S = (1 - R) \times C (DBO_5)_E \quad (\mathbf{V.28})$$

Soit $C (DBO_5)_S = (1 - 0,52) \times 2093,64 = \mathbf{1004,95 \text{ kg/j}}$

Le tableau V.6 résume les calculs trouvés pour le dimensionnement du bassin anaérobie

Tableau V.6 : Récapitulatif des calculs sur le dimensionnement du bassin anaérobie

Bassin anaérobie		
Paramètres	Unité	Horizon 2037
Nombre des bassins	/	2
Surface totale (S_T)	m ²	2719
Surface unitaire (S_U)	m ²	1359,5
Longueur (L)	m	90
Largeur (l)	m	30
Profondeur d'eau (P)	m	3,5
Volume des boues produites (V_B)	m ³	3101,7
Volume total (V_T)	m ³	12618,18
Volume unitaire (V_U)	m ³	6309,09
Temps de séjour (ts)	jour	3
La concentration de la DBO ₅ sortie du bassin anaérobie	mg/l	216
La charge de la DBO ₅ sortie du bassin	Kg/j	1004,95

b) Dimensionnement du bassin facultatif

En aval des bassins anaérobies, se trouvent des bassins de grandes dimensions, dits bassins facultatifs. Dans ces derniers, se déroule l'essentiel de la bio-épuration grâce à une synergie algo-bactérienne.

- Calcul des surfaces

La surface des bassins facultatifs S(t) est donnée par la formule suivante

$$S_t = \frac{\text{Charge brute DBO}_5 \text{ sortie du bassin facultatif}}{C_s} \quad \text{(V.29)}$$

Avec :

- C_s : Charge surfacique de conception prise égale à 176,55 kg/ha.j.
- S_t : Surface totale des deux bassins facultatifs [70].

Donc :

$$S_t = \frac{1004,95}{176,55} = 5,69 \text{ ha} = 56900 \text{ m}^2$$

Dans le cas de deux bassins facultatifs, la surface de chacun d'entre eux sera égale à :

$$S_u = \frac{S_t}{2} = \frac{56900}{2} = 28450 \text{ ha}$$

- Calcul de la largeur totale (l)

Le bassin facultatif est de forme rectangulaire :

$$\frac{L}{l} = 3 \quad \text{donc} \quad L = 3 \times l$$

$$S_t = l \times L \rightarrow S_t = 3l^2 \rightarrow l = \sqrt{\frac{S_t}{3}} = \sqrt{\frac{56900}{3}} = 137,7 \text{ m, soit } l = 140 \text{ m}$$

- Calcul de la longueur totale (L)

$$L = 3 \times 137,7 \rightarrow L = 413,1 \text{ m}$$

- Calcul des volumes

Le volume des bassins facultatifs $V(t)$ sera

$$V = S_t \times P \quad (\text{V.30})$$

Nous prend une profondeur égale à 1,5 mètre [70].

Donc :

$$V_t = 56900 \times 1,5 = 85350 \text{ m}^3$$

Le volume unitaire de chaque bassin V_U sera égale à :

$$V_U = \frac{V_t}{2} = \frac{85350}{2} = 42675 \text{ m}^3$$

- Calcul du temps de séjour

Le temps de séjour hydraulique (t_s) dans les bassins facultatif est déduit à partir de la relation suivante:

$$t_s = V_T / Q_{jEU} \quad (\text{V.31})$$

$$\text{Donc } t_s = \frac{85350}{4652,52} = 18 \text{ jours}$$

- Calcul du rendement d'élimination du bassin facultatif (R)

Le rendement d'élimination du bassin facultatif (R) est donné par l'équation V.33 ;

$$R = \frac{1}{(1+k) \times t_s} \quad (\text{V.32})$$

Avec : K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée comme suit [70]:

$$K = 0,1 (1,05)^{T-20} \text{ avec } T = 16^\circ\text{C}$$

$$\text{Soit } K = 0,082, \text{ Donc : } R = 47 \%$$

- Calcul de la concentration de la DBO₅ à la sortie du bassin facultatif

Elle est calculée par la relation suivante: $[DBO_5]_s = (1 - R) \times [DBO]_e$

$$\text{Soit } [DBO_5]_s = (1 - 0,47) \times 216 = 114,48 \text{ mg/l}$$

- Calcul du volume d'eau à la sortie du bassin facultatif (Q_{s.f})

Le volume d'eau à la sortie du bassin facultatif est estimé par la relation suivante [70] :

$$Q_{SF} = Q_{jEU} - (e \times S_t) \quad (\text{V.33})$$

Avec : e : l'évaporation = 0.006 m

$$S_T : \text{la surface totale du bassin facultatif} = 56900 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc : } Q_{s.f} = 4652,52 - (0.006 \times 56900) = 4311 \text{ m}^3/\text{j.}$$

Un récapitulatif sur les résultats de dimensionnement du bassin facultatif est indiqué sur le tableau V.7.

Tableau V.7 : Récapitulatif sur le dimensionnement du bassin facultatif

Bassin facultatif		
Paramètres	Unité	Horizon 2037
Nombre des bassins	/	2
Surface totale (S_T)	m ²	56900
Surface unitaire (S_U)	m ²	28450
Longueur (L)	m	413,1
Largeur (I)	m	140
Profondeur d'eau (P)	m	1,5
Volume total (V_T)	m ³	85350
Volume unitaire (V_U)	m ³	42675
Temps de séjour (ts)	jour	18
Concentration de la DBO ₅ sortie du bassin facultatif	mg/l	114,48
Volume d'eau sortie du bassin facultatif	m ³ /j	4311

c) Dimensionnement des bassins de maturation

Le dimensionnement des bassins de maturation est basé surtout sur l'élimination des germes pathogènes.

- Calcul du volume du bassin

Le volume du bassin de maturation est calculé à partir de la formule suivante:

$$V_t = Q_{s.f} \times ts \tag{V.34}$$

Avec : ts : temps de séjour de L'influent dans les bassins de maturation, il est pris égale à 5 jours [73].

$$\text{Soit } V_t = 4311 \times 5 = 21555 \text{ m}^3$$

On propose l'installation de 02 bassins. Le volume unitaire de chaque bassin $V(u)$ sera égale à :

$$V_u = \frac{V(T)}{2} = \frac{21555}{2} = 10777,5 \text{ m}^3$$

- Calcul des surfaces du bassin

La surface totale des bassins de maturation sera égale à :

$$S_T = \frac{Vt}{P} \tag{V.35}$$

Pour une profondeur prise égale à 1 m, on a :

$$S_t = \frac{21555}{1} = 21555 \text{ m}^2$$

Ce qui donne une surface unitaire de chaque bassin S_u sera :

$$S_u = \frac{21555}{2} = 10777,5 \text{ m}^2$$

- Calcul de la largeur totale (l)

Le bassin de maturation est de forme rectangulaire, et pour des raisons de bonne conception on prend la largeur du bassin facultatif comme étant la largeur du bassin de maturation.

$$\text{Donc : } l = 137,7 \text{ m , soit } l = 140 \text{ m}$$

- Calcul de la longueur totale (L)

$$\text{On : } S_t = L \times l \rightarrow L = \frac{S_t}{l} \text{ Donc } L = \frac{21555}{137,7} = 156,5 \text{ m}$$

Les résultats obtenus pour le dimensionnement du bassin de maturation sont consignés sur le tableau V.8.

Tableau V.8 : Récapitulatif des résultats de dimensionnement du bassin de maturation

Bassin de maturation		
Paramètres	Unité	Horizon 2037
Nombre des bassins	/	2
Surface totale (S_t)	m ²	21555
Surface unitaire (S_u)	m ²	10777,5
Longueur (L)	m	156,5
Largeur (l)	m	140
Profondeur d'eau (P)	m	1
Volume total (V_t)	m ³	21555
Volume unitaire (V_u)	m ³	10777,5
Temps de séjour (ts)	jour	5

2^{ème} Cas : Variante "2" (Lagunage aéré)

Pour assurer le bon fonctionnement de la lagune, nous préconisons deux lignes en parallèles, comprenant chacune :

- Bassin aéré ;
- Bassin de finition.

a) Dimensionnement du bassin aéré

- Correction de la constante d'épuration (k)

La constante de dégradation de la pollution organique par les bactéries (k) dépend de la température de l'eau. Son équation est donnée par l'expression suivante :

$$K_T = K_{20} * \theta^{T-20} \tag{V.36}$$

Avec :

- ✓ K_{20} : Constante d'épuration (eaux usées domestique) à $T = 20^\circ\text{C}$, $K_{20} = 2.5 \text{ j}^{-1}$.
- ✓ Coefficient de température ($\theta = 1.06$) [71].

Pour T (aout) = 11,2°C donc $K_{11,2} = 2.5 * 1.06^{(11.2-20)} = 1,49 \text{ j}^{-1}$

- Estimation du temps de séjour

Le temps de séjours est estimé d'après la formule de Marais [71] :

$$t_s = \frac{[DBO_5]E - [DBO_5]S}{K_{11,2} \times [DBO_5]S} \quad (\text{V.37})$$

On suppose que le rendement d'épuration égal à 90 %. La concentration de la DBO_5 à la sortie du bassin $[DBO_5]S = (1-0.9) \times 450 = 45 \text{ mg/l}$.

$$\text{Donc } t_s = \frac{450-45}{1,49 \times 45} = 6 \text{ jours}$$

- Calcul des volumes

- **Volume des deux bassins**

Le volume des deux bassins est dimensionné par la formule suivante :

$$V = Q_{JEU} \times t_s \quad (\text{V.38})$$

$$\text{A.N : } V = 4652,52 \times 6 = 27915 \text{ m}^3$$

- **Volume unitaire**

Le volume unitaire de chaque bassin V_U sera égale à :

$$V_U = \frac{V_t}{2} = \frac{27915}{2} = 13958 \text{ m}^3$$

- Calcul des surfaces

- **Surface totale**

La surface totale des deux bassins est dimensionnée par la formule ci-dessous :

$$S_T = \frac{V}{H} \quad (\text{V.39})$$

Avec : H : hauteur d'eau dans les lagunes (généralement fixée de 2.5 à 4 m).

Donc, si on prend pour notre cas $H = 3 \text{ m}$, on aura :

$$S_T = \frac{27915}{3} = 9305 \text{ m}^2$$

- **Surface unitaire**

La surface unitaire de chaque bassin S_u sera égale à :

$$S_u = \frac{9305}{2} = 4653 \text{ m}^2$$

- Calcul de la largeur totale (l)

Le bassin d'aération est de forme rectangulaire :

$$\frac{L}{l} = 3 \quad \text{Donc } L = 3l$$

$$S_T = L \times l \rightarrow S_t = 3l^2 \quad \text{donc:}$$

$$l = \sqrt{\frac{S_t}{3}} = \sqrt{\frac{9305}{3}} = 55,7 \text{ m}$$

- Calcul de la longueur totale (L)

$$L = 55,7 \times 3 = 167,1 \text{ m}$$

- Besoins en O₂

Les besoins en oxygène pour les lagunes sont calculés à partir de l'équation suivante :

$$q(\text{O}_2) = a' \times Q_{\text{JEU}} \times Le \quad (\text{V.40})$$

Avec : a' : coefficient (varie entre 0.5 et 0.66) [74]. On le prend égale à 0.65

$$Le: \text{ DBO}_5 \text{ éliminé, } Le = [\text{DBO}_5]_e - [\text{DBO}_5]_s = 450 - 45 = 405 \text{ mg/l} = 0,405 \text{ kg/m}^3$$

$$D'où: q.\text{O}_2 = 0.65 \times 4652, 52 \times 0.405 = 1224,8 \text{ kg O}_2/\text{j.}$$

▪ Besoins en O₂ standards q'(O₂) :

Les besoins en O₂ standards q'(O₂) pour les lagunes sont calculés à partir de l'équation suivante :

$$q'(\text{O}_2) = \frac{q(\text{O}_2)(\text{kg/h})}{\text{facteur correctif}} \quad (\text{V.41})$$

Avec :

- ✓ q(O₂)= 51 kg O₂/h.
- ✓ facteur correctif = 70 % [71].

$$D'où : q' (\text{O}_2) = \frac{51}{0,7} = 72,9 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

▪ quantité moyenne d'oxygène consommée

La quantité moyenne d'oxygène consommée par 1 kg DBO₅ éliminée (qmO₂). Elle se détermine de l'équation suivante [71] :

$$(qm \text{ O}_2 / 1 \text{ kg DBO}_5) = \frac{q'(\text{O}_2)}{Le \times Q_{\text{Jeu}}} \quad (\text{V. 42})$$

$$D'où: (qm \text{ O}_2 / 1 \text{ kg DBO}_5) = \frac{72,9 \times 24}{0,405 \times 4652,52} = 0,92 \text{ O}_2 / \text{kg DBO}_5 \text{ éliminée}$$

- quantité moyenne d'oxygène consommée par la DBO₅ (Qm) :

La quantité moyenne d'oxygène totale consommée par la DBO₅ dans le tout le bassin [71] :

$$Q_m = 0.92 \times 2093,64 = 1926,15 \text{ kg O}_2 / \text{j}$$

- Puissance totale des aérateurs (Pa)

La puissance totale des aérateurs Elle se détermine par l'équation suivante :

$$Pa = \frac{q'_{O_2}}{l' \text{ apport spécifique}} \quad (\text{V.43})$$

Avec : L'apport spécifique = 1,4 kg O₂/h/kW [71].

$$D'où : Pa = \frac{72,9}{1,4} = 52 \text{ kW}$$

- Puissance unitaire des aérateurs Pa (U)

On propose l'installation de 4 aérateurs pour chaque bassin pour assurer une bonne aération. Donc la puissance de chaque bassin sera :

$$Pa(u) = \frac{52}{8} = 6,51 \text{ kW} \quad (\text{V.44})$$

Un récapitulatif des résultats de calcul du dimensionnement du bassin d'aération est indiqué dans le tableau V.9

Tableau V.9 : Récapitulatif des résultats de calcul sur le dimensionnement du bassin d'aération

Bassin d'aération		
Paramètres	Unité	Horizon 2037
Nombre des bassins	/	2
Surface totale (St)	m ²	9305
Surface unitaire (Su)	m ²	4653
Longueur (L)	m	167,1
Largeur (l)	m	55,7
Profondeur d'eau (P)	m	3
Volume total (Vt)	m ³	27915
Volume unitaire (Vu)	m ³	13958
Temps de séjour (ts)	jour	6
Besoins en O ₂ standards q'(O ₂)	kg O ₂ /h	72,9
Qm d'oxygène consommée par le DBO ₅ (Qm)	kg O ₂ /j	1926,15
Puissance totale des aérateurs (Pa)	kW	52
Puissance unitaire des aérateurs Pa (U)	kW	6,51

b) Dimensionnement du bassin de finition

- Calcul du temps de séjour

Dans bassin de finition, le temps de séjour (ts) de l'eau peut aller de 2 à 3 jours. On prend dans notre cas **ts = 2 jours** [71].

- Calcul des volumes

○ **Volume des deux bassins**

Le volume des deux bassins est dimensionné par la formule suivante :

$$V = Q_{JEU} \times ts \quad (\text{V.45})$$

$$\text{Soit } V = 4652,52 \times 2 = 9305 \text{ m}^3$$

○ **Volume unitaire de chaque bassin:**

Le volume unitaire de chaque bassin $V(u)$ sera égale à :

$$V(u) = \frac{9305}{2} = 4653 \text{ m}^3$$

- Calcul des surfaces

○ **La surface totale :**

La surface totale des deux bassins est dimensionnée par la formule ci-dessous :

$$S_T = \frac{VT}{H} \quad (\text{V.46})$$

On fixe une hauteur d'eau $H_e = 1.5 \text{ m}$

Ce qui donne : $S_T = \frac{9305}{1,5} = 6203 \text{ m}^2$

○ **La surface unitaire :**

La surface unitaire de chaque bassin $S(U)$ sera égale à :

$$S(u) = \frac{6203}{2} = 3102 \text{ m}^2$$

- Calcul de la largeur totale (l)

Le bassin est de forme rectangulaire, et pour des raisons de bonne conception on prend la largeur du bassin d'aération comme étant la largeur du bassin de finition donc **$l = 55,7 \text{ m}$** .

- Calcul de la longueur totale (L)

$$S_T = l \times L \text{ donc } L = \frac{6203}{55,7} = 111,37 \text{ m}$$

Un résumé des résultats de calcul de dimensionnement du bassin de finition obtenus pour ce cas de variante est présentés le tableau V.10

Tableau V.10 : Récapitulatif des résultats de calcul sur le dimensionnement du bassin de finition

Bassin de finition		
Paramètres	Unité	Horizon 2037
Nombre des bassins	/	2
Surface totale (ST)	m ²	6203
Surface unitaire (SU)	m ²	3102
Volume total (VT)	m ³	9305
Volume unitaire (VU)	m ³	4653
Longueur (L)	m	111,37
Largeur (l)	m	55,7
Profondeur d'eau (P)	m	1,5
Le temps de séjour (ts)	jour	2

c) Bassin de stockage

Afin d'envisager dans le futur peut à réutiliser les eaux épurées sortantes de la station à des fins agricoles, un traitement tertiaire est souvent nécessaire. Nous proposons dans cette variante un bassin de stockage capable de stocker l'effluent épuré dans le but de régulariser le pompage et limiter le nombre d'enclenchement et déclenchement dans les 24 heures.

- Calcul du volume

On propose dans notre étude 4 heures de stockage des eaux épurées dans le bassin.

Nous avons : $Q_{mEU} = 4652,52 \text{ m}^3 / \text{j} = 194 \text{ m}^3 / \text{h}$

Donc : $Q_{mEU} (4h) = 775 \text{ m}^3 / 4h$

D'où le volume du bassin = **775 m³**.

- Surface

La profondeur d'eau proposée (P = 2 m), donc :

$$S = \frac{775}{2} = \mathbf{388 \text{ m}^2}$$

- Longueur et la largeur

Le bassin est de forme rectangulaire :

La largeur (l) est calculé comme suit : $L = 3 \times l \quad S_T = 3 \times l^2 = \sqrt{\frac{St}{3}} = \sqrt{\frac{388}{3}} = \mathbf{11 \text{ m}}$

Ce qui donne une longueur (L) = L = 3 × 11 = 33 m

V.12 Lits de séchage

On estime une surface de 1 m² pour 14 Eq-Hab. Vu le climat de notre zone d'étude qui favorise énormément la déshydratation des boues, la surface totale des lits de séchage sera [71] :

$$S = \frac{EH}{14} \tag{V.47}$$

Soit $S = \frac{38771}{14} = \mathbf{2769 \text{ m}^2}$

Nous proposons pour chaque lit les dimensions suivantes :

La longueur (L) = **25 m**, la largeur (l) = **10 m**.

La surface unitaire propre à chaque lit (S_U) = **250 m²**.

Le nombre des lits sera donc [71] :

$$N = \frac{S}{S_U} \tag{V.48}$$

Soit $N = \frac{2769}{250} = \mathbf{11 \text{ lits de séchages}}$

Nb : l'extraction des boues en excès au niveau des bassins ce fait après 10 ans d'exploitation. (Manuel d'exploitation des lagunes aérées).

V.13. Récapitulatif des résultats du dimensionnement des ouvrages dans notre étude

Le tableau V.11 présente les résultats récapitulatifs des calculs de dimensionnement des systèmes de traitement proposés pour notre étude.

Tableau V.11 : Récapitulatifs des résultats de calculs du dimensionnement des systèmes de traitements proposés pour l'épuration des eaux usées brutes de l'oued El koudia

Ouvrages	Dimensions
Ouvrages de prétraitement	
Dégrilleur	L = 1 m ; hmax = 0,8 m ; S = 0,71 m ²
Dessableur-déshuileur	L = 20 m ; l = 1,5 m ; P = 2m
Traitement biologique	
Lagune naturel	
Bassin anaérobie	L = 90 m ; l = 30 m P = 3.4 m ; S = 1359,5 m ² V=12618,18 m ³ ; ts = 3 jour ; [DBO ₅] _s = 216 mg/l La charge de DBO ₅ sortie =1004,95 kg/l
Bassin facultatif	L = 413,1 m ; l = 137,7 m ; P =1,5 m ; ts = 18 jours S = 56900 m ³ ; V = 85350 m ³ ; [DBO ₅] = 4311 mg/l
Bassin de maturation	L = 156,5 m ; l = 137,5 m ; P =1 m, S = 21555 m ² V = 21555 m ³ ; ts = 5jour
La surface totale des bassins	79814,5 m ²
Lagune aéré	
Bassin d'aération	L = 167,1 m, l=55,7 m ; P = 3 m ; S = 9305 m ² ; V =27915m ³ ; ts = 6 jour Qm = 1926,15 kg O ₂ /j : Pt = 52 kW ; Pu = 6,51 kW
Bassin de finition	L = 111,37 m ; l = 55,7 m ; P = 1,5m ; S = 6203m ² ; V = 9305 m ³ ; ts = 2 jours
La surface totale des bassins	15508 m²
Ouvrages complémentaires	
Bassin de stockage	L = 33 m; l = 11 m; P = 2 m; S = 388 m ² ; V = 775 m ³ .
Lits de séchage	L = 25m ; l = 10m ; S _u = 250 m ² Nombre de lits de séchages : 11 lits

V.14. Schéma de fonctionnement

La filière de traitement par lagunage naturel à adapter au contexte local sera composée comme ci indiquée sur la figure V.1:

1. Prétraitement composé d'un dégrilleur, dessaleur et déshuileur permettant d'éviter le comblement rapide des lagunes.
2. Deux bassins anaérobies en parallèle.
3. Deux plusieurs bassins facultatifs en parallèle
4. Deux bassins de maturation en parallèle.

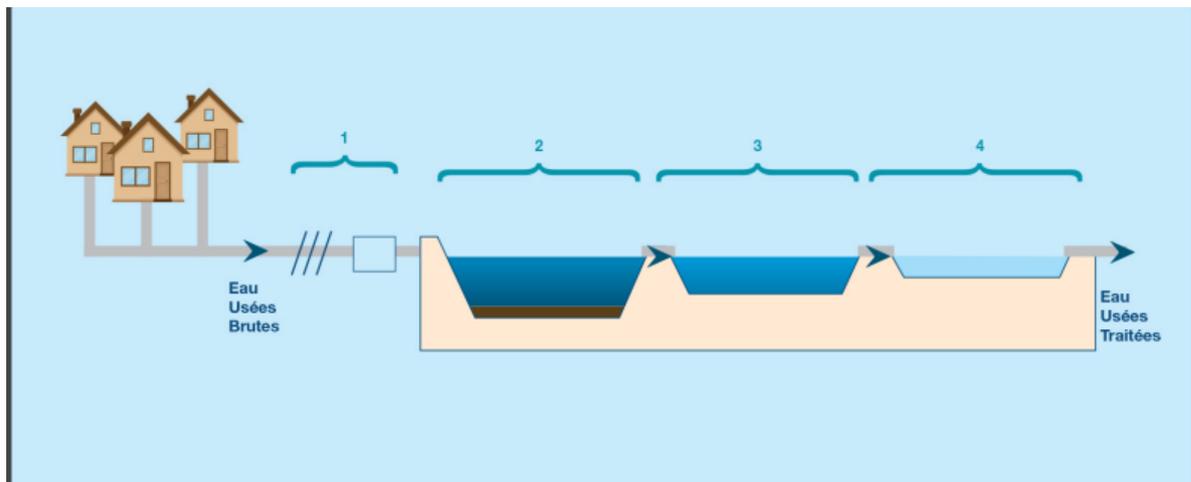


Figure V.1 : Schéma du lagunage naturel proposé

Pour celui du lagunage aéré, en plus du prétraitement commun à celui nature, son schéma est composé comme suit :

1. Un prétraitement composé d'un dégrilleur, dessaleur et déshuileur ;
2. Bassin d'aération et
3. Bassin de finition (figure V.2)

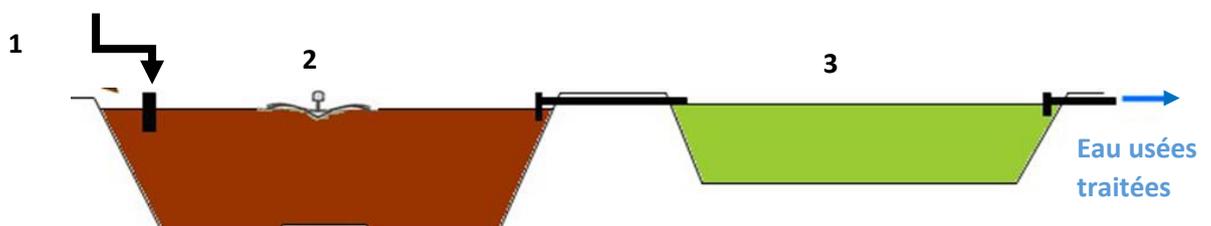


Figure V.2 : Schéma de principe du lagunage aéré

V.15 Choix du site

Le site (figure V.3) est choisi afin d'assurer un raccordement gravitaire des eaux usées. Le site proposé est domanial pour éviter l'expropriation des terrains. La lagune s'étale sur un terrain déjà préparé et terrassé (terrain rocheux) qui représente des assiettes d'anciennes carrières abandonnées, à proximité de lignes électriques (haute tension). Le rejet de la lagune se fait sur l'Oued Koudia sur une distance d'environ 500 mètre loin des habitations.



Figure V.3 : Photo satellitaire du site choisi (terrain déjà terrassé)



Figure V.4 : photo satellitaire des poteaux électriques mitoyens le site choisi
(ligne électrique)

V.15. Conclusion

Dans ce chapitre, après caractérisation et quantification de la pollution des eaux usées de l'oued el koudia, nous avons proposé et dimensionner un système d'épuration pour ces eaux sur un horizon fixé à 2037.

En raison de son faible cout, nous avons opté pour le lagunage où des calculs de dimensionnement ont été faites sur deux variantes lagunage : naturel et aère.

Les filières d'épuration calculées et proposées sont les suivantes :

- Pour lagunage naturel :
 - ❖ Un prétraitement comportant :
 - Un dégrilleur.
 - Un déssableur-déshuileur.
 - ❖ Un traitement biologique comportant:
 - Une lagune anaérobie.
 - Une lagune facultative.
 - Une lagune de maturation
- Pour lagunage aéré :
 - ❖ Un prétraitement comportant :
 - Un dégrilleur.
 - Un déssableur-déshuileur.
 - ❖ Un traitement biologique comportant :
 - Bassin d'aération.
 - Bassin de finition.

Afin de choisir l'un des procédés comme système de traitement, une étude technico-économique sur les deux variantes calculée a été menée et présentée à la suite de ce chapitre.

CHAPITRE VI

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES DEUX VARIANTES

Chapitre VI

Etude technico-économique des deux variantes des systèmes de traitement proposés

VI.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous essayons de donner une estimation de coût total de chaque système de traitement proposés. Il est à noter que la variante à retenir projet doit être la plus économique avec une meilleure qualité de traitement.

VI.2. Etude comparative technico-économique des deux variantes

VI.2.1. Comparaison technique entre les deux variantes

Le tableau VI.1 présente une comparaison technique entre les deux variantes « lagunage naturel et lagunage aéré » proposées comme systèmes d'épuration des eaux usées brutes de l'Oued El Koudia. La comparaison se fait sur l'élimination de la DBO₅ à la sortie du traitement qui définit le rendement d'épuration.

Tableau VI.1 : Comparaison des deux variantes de traitement proposées en tenant compte du rendement d'épuration de la DBO₅

Paramètres	Lagunage naturel	Lagunage aéré
La DBO ₅ entrée à station	450 mg/l	450 mg/l
La DBO ₅ sortie de la station	176,9 mg/l	45 mg/l
La DBO ₅ élimine à la station	273,1 mg /l	405 mg/l
Le rendement épuratoire en DBO ₅	61 %	90 %

D'après les résultats indiqués sur le tableau VI.1, on constate que le lagunage aéré est plus efficace en élimination de la pollution (rendement 90 %) comparativement au lagunage naturel.

VI.2.2. Comparaison économique des deux variantes en investissement

Dans cette étude économique, on s'est limité aux coûts des surfaces des deux variantes proposées car elles occupent la plus grande part d'investissement dans le projet.

Variante 1 : Lagunage naturel**a) Estimation du coût de terrain**

Selon un responsable local des domaines publics, le coût du terrain dans notre zone d'étude est estimé à 25 DA par mètre carré. La surface totale des bassins de lagunage naturel est de 79814,5 m².

b) Estimation du coût des équipements

Pour la variante lagunage naturel, on a proposé l'installation de deux dégrilleurs fins, l'un manuel et l'autre mécanique. Leurs prix sont estimés comme suit :

- Le dégrilleur mécanique : 5 000 000 DA H.T.
- Le dégrilleur manuel : 2 300 000 DA H.T.

c) Estimation du coût de la fourniture et pose de la géomembrane

La surface à étancher avec de la géomembrane est estimée à la surface totale des bassins qui est de 79814,5 m². La fourniture et pose du mètre carré de la géomembrane est estimée à 1510 DA/m² (soit au total : 120 519 895 DA).

d) Estimation du coût de la fourniture et pose du géotextile

La surface à protéger avec du géotextile est estimée à la surface totale des bassins qui est de 79814,5 m². La fourniture et la pose du mètre carré du géotextile est estimée à 450 DA/m² (soit un total de : 35 916 525 DA).

e) Estimation du coût du terrassement

La surface à terrasser c'est le volume total des trois bassins qui est de 119523,18 m³. Le prix unitaire du terrassement est estimé à 250 DA / m³ (soit un total de : 29 880 795 DA).

f) Estimation du coût des ouvrages en béton

Le prix unitaire du mètre cube de béton dosé à 400 kg/m³ est estimé à 38 000 DA/m³. Le tableau VI.2 donne un récapitulatif du coût estimatif calculé pour ce cas de variante 01 (lagunage naturel).

Tableau VI.2 : Etat quantitatif et estimatif du cout de la variante 01 (lagunage naturel)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant total (DA)
Coût du terrain	m ²	79814,5	25	1995362,5
Dégrilleurs				
Fourniture et Pose du dégrilleur fin mécanique.	U	1	5 000 000	5000000
Fourniture et Pose du dégrilleur manuel	U	1	2300 000	2300000
Les bassins du traitement biologique (anaérobie, facultatif, maturation)				
Fourniture et Pose de la géomembrane	m ²	79814,5	1510	120519895
Fourniture et Pose du géotextile	m ²	79814,5	450	35 916 525
Terrassement	m ³	119523,18	250	29880795
Ouvrages en béton dosée à 400 kg/m³				
Dessableur-déshuileur	m ³	59,5	38 000	2261000
Bassin de stockage	m ³	387,5	38 000	14725000
Prix total HT (DA)				212598577,5

Variante 2 : Lagunage aéré**a) Estimation du coût de terrain**

Selon un responsable local des domaines publics, le coût du terrain dans notre zone d'étude est estimé à 25 DA par mètre carré. La surface totale des bassins est de 15508 m².

b) Estimation du coût de la fourniture et la pose du géomembrane

La surface à étancher avec de la géomembrane est estimé à la surface totale des bassins qui est de 15508 m². La fourniture et la pose du mètre carré de la géomembrane est estimé à 1510 DA/m².

c) Estimation du coût de la fourniture et la pose du géotextile

La surface à protéger avec du géotextile est estimé à la surface totale des bassins qui est de 15508 m². La fourniture et la pose du mètre carré de la géomembrane est estimé à 450 DA/m².

d) Estimation du coût du terrassement

La surface à terrasser englobe le volume total des trois bassins qui est 37219 m³. Le prix unitaire du terrassement est estimer à 250 DA/m³.

e) Estimation du coût des équipements

Pour la variante lagunage aéré, on a proposé l'installation de deux dégrilleurs fins (un manuel et l'autre mécanique) et des aérateurs de surface. Leurs prix unitaires sont estimés comme suit :

- Le dégrilleur fin mécanique: 5 000 000 DA/unité H.T.
- Le dégrilleur manuel: 2 300 000 DA/unité H.T.
- L'aérateur de surface: 1 400 000 DA/unité H.T.

f) Estimation du coût des ouvrages en béton

Le prix unitaire du mètre cube de béton dosé à 400 kg/m³ est estimé à 38 000 DA/m³.

Le tableau VI.3 donne un récapitulatif du coût estimatif calculé pour ce cas de variante (lagunage aéré).

Tableau VI.3 : Etat quantitatif et estimatif du cout de la variante 02 (lagunage aéré)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant total (DA)
Coût du terrain	m ²	15508	25	387700
Dégrilleurs				
Fourniture et Pose du dégrilleur fin mécanique.	U	1	5000 000	5000000
Fourniture et Pose du dégrilleur manuel.	U	1	2300 000	2300000
Bassins du traitement biologique (aéré, finition)				
Fourniture et Pose de la géomembrane	m ²	15508	1510	23417080
Fourniture et Pose du géotextile	m ²	15508	450	6978600
Terrassement	m ³	37219	250	9304750
Fourniture et Pose des aérateurs de surface puissance de 6,51 kw	U	8	1400 000	11200000
Ouvrages en béton dosée à 400 kg/ m³				
Dessableur-déshuileur	m ³	59,5	38 000	2261000
Bassin de stockage.	m ³	387,5	38 000	14725000
Prix total HT (DA)				75574130

VI.2.3. Comparaison économique des deux variantes en exploitation**Variante 1 : Lagunage naturel**

Le tableau VI.4 ci-après présente le bilan énergétique des équipements pour la première variante (lagunage naturel) proposée.

Tableau VI.4 : Bilan énergétique des équipements électriques proposés pour la variante 01
(Lagunage naturel)

Paramètres	Tension d'alimentation		Puissance nominale installé	Rendement électrique	Facteur de puissance	Nbre d'équipements	P total
Unité	MONO/TRI	V	kW	%	%	U	kW
Dégrilleur	TRI	400	1,1	94	81	1	1,1
Coût d'électricité							
Consommation mensuel en KWh							198
Coût de la consommation moyenne en DA/kWh							3,14
Coût de la consommation mensuel en DA							621,72
Coût de la consommation annuel en DA							14 921,28
Coût de la consommation à l'horizon 2037 en DA							223 819,2

Nous proposons un temps de marche et un temps d'arrêt du dégrilleur mécanique : soit 15 mn en marche suivi de 45 mn à l'arrêt).

Donc la consommation mensuelle en kwh sera déterminée comme suit :

$$\text{Le temps de marche du dégrilleur} = 15 \times 24 = 360 \text{ min} \rightarrow \frac{360}{60} = 6 \text{ h/ jour}$$

Donc la consommation mensuelle en énergie = $1,1 \times 6 \times 30 = 198 \text{ kW}$ par mois.

Variante 2 : Lagunage aéré

Le tableau VI.5 donne le bilan énergétique des équipements de la variante lagunage aéré.

Tableau VI.5 : Bilan énergétique des équipements électriques de la variante 02 (Lagunage aéré)

Paramètres	Tension d'alimentation		Puissance nominale installé	Rendement électrique	Facteur de puissance	Nbre d'équipements	P total
Unité	MONO/TRI	V	kW	%	%	U	kW
Dégrilleur	TRI	400	1,1	94	81	1	1,1
Aérateur	TRI	400	7,5	94	86	8	60
Puissance totale (kw)							61,1
Coût d'électricité							
Consommation mensuel en KWh							14598
Coût de la consommation moyenne mensuel en DA/kWh							3,14
Coût de la consommation mensuel en DA							45 837,72
Coût de la consommation annuel en DA							1 100 105,28
Coût de la consommation à l'horizon 2037 en DA							16 501 579,2

Pour ce cas de variante proposée (lagunage aéré), on propose, pour les aérateurs, comme temps de marche 20 min suivi de 30 min comme temps d'arrêt.

La consommation mensuelle en énergie en kwh sera calculée comme suit:

$$\text{Le temps de marche} = 20 \times 24 = 480 \text{ min} \rightarrow \frac{480}{60} = 8 \text{ h}$$

Soit une consommation mensuelle en énergie = $60 \times 8 \times 30 = 14400$ Kwh/mois.

Soit un total mensuel en énergie consommée par les dégrilleurs et les aérateurs = $14400 + 198 = 14598$ Kwh/mois

VI.3. Récapitulatif des résultats de l'étude comparative des deux variantes proposées

Le tableau VI.6 résume les résultats des coûts de l'étude comparative trouvés pour les deux cas de variantes proposées.

Tableau VI.6 : Récapitulatif des résultats de coûts estimés pour les deux variantes d'épuration proposées

Variante proposée	Variante 1 Lagunage naturel	Variante 2 Lagunage aéré
Coûts Travaux (DA)		
Investissements	212 598 577,5 DA	75 574 130 DA
Exploitations	223 819,2 DA	16 501 579,2 DA
Prix total HT	212 822 396,7 DA	92 075 709,2 DA

VI.4. Conclusion

Les calculs obtenus lors de ce chapitre nous ont montré que le lagunage naturel exige plus de surface par rapport au lagunage aéré. Cependant, ce dernier est énergétivore. L'étude du cout de chaque variante à l'horizon 2037 met en exergue que le système épuratoire par lagunage aéré reste, pour nous, le meilleur choix à retenir en raison de son rendement épuratoire plus élevé (90 %).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le rejet direct des eaux usées de l'Oued El Koudia (W- Tlemcen) dans l'environnement représente un véritable danger pour le milieu récepteur d'où vient la nécessité de les traiter.

Notre étude s'est inscrite dans ce contexte. Elle a été conduite en se focalisant sur les points suivants :

- Présentation et description de la zone d'étude avec collecte des données (population, données climatiques, sources des rejets, débits, etc...),
- Caractérisation et quantification de la pollution des eaux usées brutes,
- Proposition de systèmes d'épuration par lagunage (naturel et aéré) avec calcul et dimensionnement des ouvrages de traitement ;
- Elaboration d'une étude technico économique des deux variantes de traitement proposées en se basant sur des couts estimatifs d'investissement et d'exploitation de chaque variante proposés ;

Les résultats obtenus sur la caractérisation physico chimiques des eaux usées brutes de l'Oued El Koudia confirment leur origine domestique et leur caractère biodégradable ($K < 2,5$). Les résultats des analyses de la DBO_5 et de la DCO, obtenus sont spécifiant la qualité des eaux usées brutes au moment de leur déversement vers le réseau public d'assainissement. Les valeurs du pH (de 5,94 à 6.29) sont caractéristiques des eaux usées urbaines. Cette nature de pollution nous a permet de leur envisager un traitement biologique par lagunage choisi pour son faible coût.

En effet, deux (02) variantes de lagunage ont été proposées comme système de traitement de ces eaux : lagunage naturel et lagunage aéré. Les calculs effectués sur le dimensionnement des ouvrages de chaque système ont donné des résultats satisfaisants les exigences épuratoires des normes de rejet utilisées en Algérie.

L'étude technico économique que nous avons abordé nous a révélé que la variante lagunage naturel est plus couteuse en matière de faisabilité du projet. Pour ce fait, notre choix recommandé s'est porté sur le lagunage aéré. Ce choix est motivé par son faible coût et son rendement épuratoire (90 %) nettement meilleur par rapport au lagunage naturel (61%). De plus, compte tenu des exigences environnementales quant à la quantité de l'eau traitée et de la moindre espace de sol à mobiliser pour réaliser les lagunes, le lagunage aéré répond mieux à nos attentes bien qu'il est plus cher que le lagunage naturel.

Au terme de notre étude, on a jugé important de donner quelques recommandations permettant de compléter certains travaux complémentaires à ce projet, à savoir :

- l'étude et le dimensionnement d'un collecteur des eaux usées reliant les points de rejet de l'oued vers le site choisi ;
- l'étude et le dimensionnement d'un déversoir d'orage, à réaliser en amont des systèmes de traitement proposés pour protéger les ouvrages, les équipements et le process de la futur station projeté. Cet ouvrage aura pour mission l'évacuation des eaux pluviales en période de pluie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Zeghoud Mohamed Seifeddine (2014)**, Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, mémoire de master, Département des sciences et technologie, Université D'el oued , 90 p.
- [2] **DJEDDI Hamsa (2007)**, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri Constantine.
- [3] **BAHA Souad, BENSARI Fatima (2014)**, Epuration des eaux usées domestique par les boues actives étude de la performance de la star d'Ain el Houtz, Mémoire de master, Département d'Hydraulique , Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen ,90 p.
- [4] **Michel, R. (2003)**, Transferts Gaz-liquide dans les procédés de traitement des eaux et des Effluents gazeux, édition Lavoisier TEC & DOC, Paris, 798 p.
- [5] Les eaux usées industrielles, disponible sur le site web: http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201_LES%20EAUX%20USEES_.pdf (consulté le 19/02/2022).
- [6] **Fatma SARI (2017)**, Caractérisations physico-chimique des eaux usées et épurées de la station D'Ain Temouchent, mémoire master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [7] **BENZIANE Fatima Zohra (2016)**, Impact sur l'écosystème de la région d'oued Mimoun des eaux usées urbaines, Mémoire de master, En Ecologie Pathologie des Ecosystèmes, Université de Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers.
- [8] **Eckenfelder W.W (1982)**, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p.
- [9] **Philippe Bertrand ENOA NNOMO (2008)**, Etude de l'influence des matières en suspension sur les sols irrigues par les eaux usées traitées, mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'équipement rural, 104 p.
- [10] **Wahiba Dekhil, Zaibet Manel (2012)**, Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA, Master de chimie et microbiologie de l'eau, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi.
- [11] **GHALI Souad (2008)**, Etude de la carbonisation d'un précurseur végétal les noyaux d'olives utilisation dans le traitement des eaux, Mémoire de Magister, à l'université du 20

Références bibliographiques

août 1955 – SKIKDA, Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur, Département des sciences fondamentales, 130 p.

[12] les micropolluants organiques, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.csd.ch/~media/Files/C/Csd/documents/french>, (consulté le 23/02/2022).

[13] **M. Gérard MIQUEL (2003)**, Rapport sur «la qualité de l'eau et de l'assainissement en France», fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient Tech, Sénateur TOME II – ANNEXES 1.

[14] La dynamique de la vie, les nutriments, document internet html, disponible sur le site web: https://www.loireestuaire.org/upload/espace/1/pj/51850_2862_L2A2GIP_200512_L2A2a.pdf (consulté 23/02/2022).

[15] **Marie Lise Delgard (2018)**, Récupération du phosphore des eaux usées en traitement tertiaire pour valorisation. Sciences de l'ingénieur, Dumas, 79 p.

[16] Le potassium, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.es-france.com/7655-analyseur-de-permanganate-de-potassium-kmno4-dissous-pour-les-eaux-butes>, (consulte le 24/02/2022).

[17] **Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU, Baidy LO1 et Khalid Ibno NAMR (2010)**, Article original, Water management Typologie physicochimique des eaux usées dans le périmètre maraîcher irrigué de Sebka, Nouakchoot, (consulte le 24/02/2022), 8 p.

[18] Le chlorure, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloride-chlorure-eau/alt/water-chloride-chlorure-eau-fra.pdf> (consulte le 23/02/2022).

[19] **Batoul BENKADDOUR (2018)**, Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie), université de perpignan via domitia, et université de Mostaganem, Spécialité : Chimie, 193 p.

[20] photo dépollution solide et gazeuze, document internet html, disponible sur le site web : https://t2.ev.ltmcdn.com/fr/posts/4/9/0/traitement_des_dechets_solides_definition_et_classification_94_orig.jpg (consulte le 24/02/2022).

[21] photo de pollution thermique par les eaux, document internet html, disponible sur le site web : <https://mktg.factosoft.com/consoglobe/image-upload/img/pollution.jpg> (consulte le 24/02/2022).

[22] Pollution Chimique, document internet html, disponible sur le site web : https://www.coordinationenne.be/downloads/CoS-fichesFR-2020/CoS-fiche6_prof_PRINT.pdf (consulte le 24/02/2022).

Références bibliographiques

- [23] photo de pollution chimique, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.aquaportail.com/pictures2111/polluant-chimique-en-bidon.jpg> (consulté le 24/02/2022).
- [24] **BENHAMDI Fatima Zohra (2019)**, Etude de l'élimination des phosphates des eaux par adsorption sur une smectite intercalée, Université Abdelhamid Ben Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, mémoire de master en sciences agronomiques, 52 p.
- [25] **ABIBSI Nadjat (2011)**, Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes phytoepuration pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra, mémoire de master, Département de Génie Civil et Hydraulique, Université Mohamed Khider – Biskra, 149 p.
- [26] Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- [27] Photo de Impacts des eaux usées rejetés dans les mers sur la faune, disponible sur le site web: <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2018-08/poissons-morts-pollution-onema-1211.jpg> (consulte le 24/02/2022).
- [28] photo de Impacts des eaux usées sur la santé humaine, disponible sur le site web : <https://www.memoireonline.com/10/11/4903/Assainissement-et-gestion-de-lenvironnement-dans-la-commune-dAdjame-le-cas-de-Williamsville-29.png> (consulte 24/02/2022).
- [29] L'épuration de l'eau, document internet html, disponible sur le site web : https://www.lesagencesdeleau.fr/wp-content/uploads/2012/07/10-Fiche-epuration-de-leau_web.pdf (consulte 26/02/2022).
- [30] Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées, document internet html, disponible sur le site web : <http://etab.ac-poitiers.fr/coll-acamus-la-rochelle/spip.php?article603> (consulte 26/02/2022).
- [31] Schéma du prétraitement des eaux usées d'une STEP, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.caue60.com/wp-content/uploads/2014/07/Pretraitement.jpg> (consulte le 26/02/2022).
- [32] Le dégrillage, document internet html, disponible sur le site web: <https://www.hydranet.net/hydranet-content/telechargements/descriptions-principaux-procedes/eaux-usees-degrillage-hydranet.pdf> (consulte le 26/02/2022).
- [33] Photo d'un dégrillage grossier, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.taprogge.fr/wp-content/uploads/2018/03/grobrechen-g.jpg> (consulte le 26/02/2022).

Références bibliographiques

- [34] Photo d'un dégrillage fin, document internet html, disponible sur le site web : https://img.directindustry.fr/images_di/photo-g/34052-14749311.jpg (consulte le 26/02/2022).
- [35] Grilles manuelles, document internet html, disponible sur le site web : http://uved-ensil.unilim.fr/co/Le_degrillage.html (consulte le 26/02/2022)
- [36] Photo d'une grille manuelle, document internet html, disponible sur le site web : <https://estruagua.com/wp-content/uploads/2019/04/Reja-manual-HANDRAKE.jpg> (consulte le 26/02/2022).
- [37] Les grilles, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/pretraitements/degrillage-tamisage-dilaceration/degrillage#:~:text=Les%20grilles%20%C3%A0%20nettoyage%20manuel,facilit%20le%20relevage%20des%20refus> (consulte 26/02/2022).
- [38] Photo d'une grille droite, document internet html, disponible sur le site web : https://www.huber-technology.ru/fileadmin/_processed_/d/7/csm_rakemax_hybrid_profil_440c94abf2.jpg (consulte 26/02/2022).
- [39] Photo d'une grille courbe, document internet html, disponible sur le site web : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSGciQ6VuJd6h6w0Ft0bxExnRNHQgbaCltJYw&usqp=CAU> (consulte le 26/02/2022).
- [40] **BELBACHIR Sihem, HABBEDDINE Somia (2017)**, Etude d'un système d'épuration des eaux usées des localités de Nedroma et Ghazaouet, mémoire de master en Hydraulique, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen, 136 p.
- [41] Photo d'un dessableur, document internet html, disponible sur le site web : <https://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/sites/default/files/users/jseremet/racleur.jpg> (consulte le 26/02/2022).
- [42] Photo d'un déshuileur aéré utilisé dans l'épuration des eaux usées, document internet html, disponible sur le site web : <https://www.suezwaterhandbook.fr/var/degremont/storage/images/procedes-et-technologies/pretraitements/degraisage-et-deshuilage/degraisseurs/13271-22-fre-FR/degraisseurs.png> (consulte le 26/02/2022).
- [43] **Henri Aussel (2004)**, le traitement des eaux usées, insr, institut National de recherche et de sécurité, 4p.
- [44] Photo d'un décanteur primaire, disponible sur le site web :

Références bibliographiques

<https://www.suezwaterhandbook.fr/var/degremont/storage/images/procedes-et-technologies/floculateurs-decanteurs-flottateurs/les-decanteurs/les-decanteurs-statiques/14459-26-fre-FR/les-decanteurs-statiques.png> (consulte 27/02/2022).

[45] Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien, disponible sur le site web : <https://www.memoireonline.com/11/13/7765/Traitement-des-eaux-usees-domestiques-par-biodenitrification--effet-du-nitrate2.png> (consulte le 01/03/2022).

[46] **TOUAFEK Aicha (2015)**, Etude expérimentale de l'épuration des effluents par procédés a culture fixée, Mémoire pour obtenir le diplôme de Master, université MOHAMED BOUDIAF, de Oran, 110p.

[47] disques biologiques, disponible sur le site web :

http://phytoepurationtpe.weebly.com/uploads/2/6/0/5/26055579/1960701_orig.gif (consulte 01/03/2022).

[48] Photo de bassins de lagunage, disponible sur le site web :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/20/Berges_Escaut_lagun%C3%A9es_2010_i.jpg/330px-Berges_Escaut_lagun%C3%A9es_2010_i.jpg (consulté le 01/02/2022).

[49] **M.YOUB okkacha (2008)**, épuration des eaux usées par lagunage Naturel Etude de la performance du dispositif de traitement des eaux usées par lagunage Naturel de Ain Ouarka wilaya de Naama, pour l'obtention du diplôme de Magister science de l'environnement et climatologie , université d'Oran,120p.

[50] Le lagunage aéré, document internet html, disponible sur le site web :https://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes_epuration/F08_lagunage_aere.pdf(consulte le 23/04/2022).

[51] **BENZERHOUNI Ibrahim (2020)**, étude et dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville d'in salah et la localité d'el barka par système de lagunage avec deux variantes : Naturel et aéré, l'obtention du diplôme de Master, université de Tlemcen, 85p.

[52] Schéma d'un procédé à boues activées, disponible sur le site web :https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ab/Boues_activ%C3%A9es.jpg/400px-Boues_activ%C3%A9es.jpg (consulte le 01/03/2022).

[53] **Rekrak Anwar zakarya (2013)**, la station d'épuration de chlef performance épuratoires et rendements mémoire de master en Hydraulique, Université de Tlemcen, 86 p.

[54] Dégremont, memento technique de l'eau, Ed ; Lavoisier, Paris, 1972.

[55] **TEKFI KARIMA (2006)**, étude des performances épuratoires d'une station d'épuration à boues activées, mémoire de PFE DEUA hydraulique, université de Tlemcen.

[56] Document procédés extensifs d'épuration, Office International de l'Eau, Année 2001.

Références bibliographiques

- [57] **Sophia B et Zineb T (2012)**, Dimensionnement de la station d'épuration de type lagunage de la ville de Chemaia (Province d'El Youssoufia), Eau et Environnement, Office national de L'eau potable direction de l'assainissement et de l'environnement Rabat, 58 p.
- [58] République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère des Ressources en Eau Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Tlemcen, Etude du système épuratoire du Groupement urbain de Tlemcen (Tlemcen, Mansourah, Chetouene et Hennaya) y compris les collecteurs de liaison, aménagement oued – Bassin hydrologie, Mission 1 : Etude préliminaire.
- [59] **BOUDJEMA Rachida (2015)**, Etude d'un système d'épuration de la partie ouest de groupement urbaine Tlemcen et la commune de Hennaya, mémoire pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique, Université de Tlemcen, 122 p
- [60] la carte des Situation géographique du Groupement urbain de Tlemcen, disponible sur le site web : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/DZ-13-00_-_Wilaya_Tlemcen_-_dairas.svg/480px-DZ-13-00_-_Wilaya_Tlemcen_-_dairas.svg.png (consulte le 26/03/2022).
- [61] République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère des Ressources en Eau Direction des Ressources en Eau Wilaya de Tlemcen, Etude du système épuratoire du Groupement urbain de Tlemcen (Tlemcen, Mansourah, Chetouene et Hennaya), aménagement des oueds-hydrologie, Mission 4 : aménagement des oueds.
- [62] République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère Des Ressources En Eau Direction des Ressources en Eau Wilaya de Tlemcen, intitulé de l'opération : étude d'un système epuratoire du groupement urbain de Tlemcen (Tlemcen, Mansourah, Chetouene et Hennaya), système d'assainissement Mission 6 : étude préliminaire, analyse des données de base et étude démographique.
- [63] Google earth Pro.
- [64] **MEZIANI Fatima Zohra (2016)**, contribution à l'étude de dimensionnement et à l'élaboration d'un guide de gestion et d'exploitation du système d'épuration de l'agglomération de Remchi, mémoire pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique, Université de Tlemcen, 130 p.
- [65] **METAHRI Mohammed Saïd (2012)**, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat, Spécialité : Agronomie, Option : Génie des procédés université MOULOUD MAMMERI DE Tizi-Ouzou, 172 p.

Références bibliographiques

- [66] **Silman SY. Papa Sidy TALL (2003)**, Etude de réhabilitation de la station d'épuration de saly portudal, mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique de conception, université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- [67] **RIHANE Mouloud, SEDDOUR Djamila (2014)**, Dimensionnement d'une station d'épuration sise à Azazga, mémoire de fin d'études Master en Génie civil, construction hydraulique et aménagement (CHA), université Mouloud Mammeri Tizi –Ouzou,147 p.
- [68] **GUENDOUZ Zaidi, MEKKI Nabil (2019)**, Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de Sidi – Aich (Béjaia) mémoire présente pour l'obtention du diplôme de Master Académique, université Mohamed Boudiaf M'Sila, 119 p.
- [69] **R. Salghi**, Notes Théoriques, «Dimensionnement d'une station d'épuration par boues activées», l'Ecole Nationale des Sciences Appliqués d'Agadir- Maroc, 22p.
- [70] **BOUGHANZAI Lamy, MERZOUKI Mohammed, OUZINA Ahmed**, « Dimensionnement d'une station d'épuration de type lagunage Natural au centre d'Ain CHEGGAG, Fés, Maroc », Département de Biologie, laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fés, Maroc, 5 p.
- [71] **BOUASSABA Fatima Zohra (2013)**, Etude et dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de l'agglomération urbaine de SFISEF Pour la wilaya de Sidi Bel Abbes, mémoire pour l'obtention du diplôme master en hydraulique, Universités Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 68 p.

ANNEXE

Annexes

Annexe A

ANNEXE

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Béryllium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercurure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C
* PH : compris entre 5,5 et 8,5

Annexes

Annexe B

توزيع السكان حسب البلديات إلى 31/12/2021
Répartition de la population par communes 31/12/2021

COMMUNE	عدد السكان Pop Totale(Hbt)	الكثافة DENSITE hbtis/ K m ²	البلدية
Tlemcen	151 595	3779	تلمسان
Beni Mester	23 256	270	بني مستار
Ain Tellout	12 150	34	عين تالوت
Remchi	59 559	438	الرمشي
El Fehoul	7 427	52	الفحول
Sabra	34 968	219	صبرة
Ghazaouet	34 724	1240	غزوات
Souani	11 602	211	السواني
Djebala	7 390	64	جباله
El Gor	9 742	12	الغور
Oued Lakhdar	7 568	58	وادي الاخضر
Ain Fezza	13 405	73	عين فزة
Ouléd Mimoun	29 455	190	أولاد ميمون
Amieur	15 382	85	عمير
Ain Youcef	15 365	280	عين يوسف
Zenata	5 102	98	زناتة
Beni Snous	11 933	32	بني سنوس
Bab El Assa	11 975	123	باب العسة
D,Yagmouracene	6 410	112	دار يغموراسن
Fillaoucene	10 662	147	فلاوسن
El Azails	8 775	73	العزائل
Sebaa Chioukh	5 201	73	سبع الشيوخ
Terni	7 675	59	تيرني بني هديل
Bensekrane	14 647	111	بن سكران
Ain Nehala	7 094	45	عين نحالة
Hennaya	37 543	379	حناية
Maghnia	145 469	495	مغنية
H,Boughrara	13 178	79	حمام بوغرارة
Souahlia	24 347	343	سواحلية
M'sira Fouaga	5 974	69	مسيردة الفوافة
Ain Fettah	7 854	78	عين فتاح

Annexes

COMMUNE	عدد السكان Pop Totale(Hbt)	الكثافة DENSITE hbts/ Km ²	البلدية
El Aricha	9 638	13	العريشة
Souk Tleta	2 588	30	سوق الثلاثاء
Sidi Abdelli	20 870	92	سيدي العبدلي
Sebdou	45 940	189	سبدو
Beni Ouarsous	13 783	81	بني وارسوس
Sidi Medjahed	8 300	84	سيدي مجاهد
Beni Boussaid	15 169	46	بني يوسعيد
Marsa Ben M'Hidi	7 239	103	مرسى بن المهدي
Nedroma	34 454	381	ندرومة
Sidi Djillali	9 393	13	سيدي الجيلالي
Beni Bahdel	3 006	50	بني بحدل
Bouihi	10 446	16	البويهي
Honaine	5 386	94	هنين
Tient	4 242	202	تيانت
Ouled Riah	4 868	54	ولاد رياح
Bouhallou	7 396	43	بوخلو
Beni Khellad	7 546	94	بني خلاد
Ain Ghoraba	5 394	53	عين غرابة
Chetouane	72 156	1603	شتوان
Mansourah	76 117	2819	منصورة
Beni Smiel	5 776	34	بني صميل
Ain Kebira	3 885	77	عين كبيرة
TOTAL	1 131 019	125	المجموع

مؤشر النمو لولاية تلمسان : 1.2