



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Réutilisation des eaux non conventionnelle

THEME :

Conception d'une STEP des eaux usées de la commune de Béchar (Wilaya de Béchar) en vue de leur réutilisation en irrigation.

Présenté par :

HAMLAOUI Abderrazek

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
AMMOUR Fadhila	M.A.A	Président
SADOUNE Samra	M.C.B	Examinatrice
TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
KOLIAI Djafar	Associé	Examineur
MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.A.A	Promotrice

Session : Décembre 2021

Dédicace

Je dédie ce mémoire qui est la conséquence de longues années d'études À ma famille qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui particulièrement à :

- ♥ Ma chère MÈRE, à qui je dois beaucoup pour ses sacrifices, son amour, son aide, et son énorme soutien pour me rendre meilleur jour après jour.
- ♥ Mon cher PÈRE, qui m'a donné toute ce que j'ai besoin et plus, son amour, son soutien absolu et sa précieuse compagnie

Mes très chers parents que je ne pourrais jamais assez les remercier car leur affection, leur bienveillance et leur présence à mes côtés sont la source de ma force.

- A mes chères sœurs : Linda et Kenza
- A mon cher frère : Abdelhakim

Je dédie également ce travail à tous mes amis, spécialement mes intimes : Nadir, Djalil, Mouad, Aimen, Amine, Ilyes qui sont un trésor inestimable.

Une spéciale dédicace à ma grande famille, à Faycal, sidali, Houda pour leur encouragement et leur support. Merci d'être à mes côtés.

À Qui m'aiment et Qui m'aident Je veux remercier de tout mon cœur, et vous souhaite tout le bonheur du monde. Que dieu vous garde pour moi.

H. ABDERRAZEK

Remerciement

Avant tout nous remercions **Allah**, de nous avoir donné la force et le courage d'effectuer ce projet de fin d'étude.

Ensuite je tiens à remercier **mes chers parents**, qui se sont donnée cœurs et âmes pour que je réussisse, qui m'ont aidé moralement et financièrement, et qui m'ont toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même. Ainsi que **mon cher frère** et **mes chères sœurs** qui ont toujours étaient là pour moi.

Toute ma gratitude à ma promotrice **Mme Medjdoub Sonia** pour sa disponibilité, son aide et ses multiples et précieux conseils scientifiques.

Je remercie également **les membres du jury** qui me feront l'honneur d'évaluer et d'apprécier mon travail.

Ainsi que toutes mes gratitudes à **l'ensemble des enseignants de l'ENSH** qui m'ont éclairé, orienté et aidé durant toute ma formation.

Je remercie toutefois toutes les personnes de l'office national d'assainissement de la wilaya d'Alger.

Sans oublier mes amis : Nadir, Djalil, Mouad, Ilyes, Aimen, Amine qui m'ont beaucoup encouragé, et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

الملخص:

الجزائر بلد خصبة للاستثمار، تؤمن بضرورة توسيع مصادرها في مداخل المياه وترشيد استغلاله مراعاة مع الأمن الصحي والبيئي، خاصة بعد ما عاشته من اضطرابات في ندرة هاته المادة مع كثرة الطلب وبشأن هذا الامر، اقدمت السلطات المعنية على جملة من المشاريع تصبو إلى تشييد محطات تطهير المياه المستعملة قصد استغلالها مجددا محافظة بذلك على الصحة العمومية.

عملنا هو دراسة تحديد أبعاد محطة تطهير المياه المستعملة بغية اقامتها على مستوى مدينة بشار من أجل تمكين الاستغلال الفعلي لهته المياه بعد تطهيرها عبر تقنيات متطورة وفق معايير عالمية باستعمالها في سقي الأراضي الفلاحية وكذلك ضمن المحافظة على الوسط الطبيعي، المحيط والصحة العامة.

Résumé :

L'Algérie est un pays fertile pour l'investissement, croit en la nécessité d'élargir ses sources de revenus en eau et de rationaliser son exploitation, en tenant compte de la sécurité sanitaire et environnementale surtout après les perturbations qu'elle a connue en raison de la rareté de cette ressource avec la forte de demandes. A cet égard, les autorités ont présenté des projets visant à construire des stations d'épuration des eaux usées urbaine pour les réutiliser afin de préserve la santé publique. Notre travail consiste à dimensionner les ouvrages d'une station d'épuration des eaux usées au niveau de la ville de Béchar w. Béchar selon des normes et des technologies internationales pour l'exploiter les eaux de ce dernier pour l'irrigation ainsi préserverez protéger le milieu naturel, récepteur et la santé publique.

Abstract :

Algeria is a fertile country for investment, Believes in the need to expand the sources of water revenue and rationalize the exploitation, taking account the health and environmental safety, especially after the disruptions it has experienced due to the scarcity of this resource with the high demand. The authorities have presented a number of projects aimed at realization of wastewater treatment plants, Our work aims to dimension the necessary structures of wastewater treatment plant in the city of Béchar w. Béchar according to international standards, in order to reuse the treated water in crop irrigation, and to protect the environment and the public health.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....

Chapitre I : présentation de la ville

I.1.Introduction.....	1
I.2.Situation géographique du site.....	1
I.3.Situation topographique	3
I.4.Situation climatique	3
I.4.1. Le climat	3
I.4.2. Le température	3
I.4.3. L'enseillement	4
I.4.4. La pluviométrie	5
I.4.5. L'évaporation.....	5
I.4.6. Le vent.....	6
I.4.7. Humidité relative.....	7
I.5.Sismicité de la région.....	7
I.6. La géologie.....	8
I.7. Hydrologie	9
I.8. Situation démographique	9
I.9. Les équipements.....	10
I.10. Activités socio-économique.....	12
I.11. Situation hydraulique	13
I.12. Localisation du projet	14
I.13. Conclusion	15

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Conclusion.....	16
II.2. Généralité sur les eaux usées	16
II.2.1. Origine des eaux usées	16
II.2.2. Les différents types de pollution	17
II.2. Les procédés d'épuration des eaux usées	18

II.3.1. Le Relevage	18
II.3.2. Prétraitement	18
II.3.3. Les traitements primaires	20
II.3.4. Les traitements secondaires (traitement biologique)	22
II.3.4.1. Les procédés intensifs	22
II.3.4.2. Les procédés extensifs	27
II.3.5. Le traitement tertiaire	29
II.3.6. Traitement des boues	33
II.3.6.1. Epaissement	33
II.3.6.2. Séchage des boues	34
II.5. Situation actuelle de l'épuration en Algérie	34
II.6. Conclusion	35

Chapitre III : Réutilisation des eaux usées épurées

III.1. Introduction	36
III.2. La réutilisation des eaux usées épurée	36
III.2.1 Définition	36
III.2.2. Application	36
III.3. Catégories de réutilisation de l'eau épurée	36
III.3.1. Réutilisation à titre d'eau potable	37
III.3.2. Utilisation urbaines et récréatives non restreintes et irrigation des cultures Vivrières	37
III.3.3. Utilisation urbaines et récréatives restreintes et irrigation des cultures Vivrières ou de cultures transformées avant consommation	38
III.3.4. Réutilisation et recyclage industriels	38
III.4. Normes de qualité des eaux en irrigation	38
III.5. Contrainte de la réutilisation des eaux usées épurées	43
III.6. Conclusion	44

Chapitre IV : Estimation du besoin et des charges polluantes

IV.1. Introduction	45
IV.2. Estimation des besoins en futur	45
IV.2.1. Besoin domestique	45
IV.2.2. Besoin équipements	46
IV.2.2. Besoin estivale	46

IV.2.2. Calcul besoin total.....	46
IV.3. Estimation des charges	47
IV.3.1 Les charges hydrauliques.....	47
IV.3.1.1. Calcul des débits des eaux usées évacue.....	47
IV.3.1.2.Le débit moyen horaire	47
IV.3.1.3.Calcul débit de point	48
IV.3.1.4.Capacité de la future STEP	48
IV.3.2. Evaluation des charges polluantes.....	49
IV.3.2.1. La charge moyen journalier en DBO ₅	49
IV.3.2.2. La charge moyenne journalière en DCO	49
IV.3.2.3. La charge moyen journalier en MES.....	49
IV.3.2.4. La charge moyenne journalière en azote (N)	49
IV.4. Conclusion	50

Chapitre V : Dimensionnement de la station d'épuration

V.1. Introduction	51
V.2. Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration	51
V.2.1. Prétraitement	52
V.2.1.1. Dégrillage.....	52
V.2.1.2. Dessablage-Déshuilage	56
V.2.2. Traitement secondaire	58
V.2.2.1 Dimensionnement du bassin d'aération.....	59
V.2.2.2. Dimensionnement du bassin d'anoxie.....	64
V.2.2.3. Dimensionnement du clarificateur	67
V.2.3. Traitement tertiaire	68
V.2.3.1 Dimensionnement l'ouvrage de filtre a disque.....	68
V.2.3.2. Désinfection par les lampes UV	69
V.2.3.3. Qualité d'eau après le traitement tertiaire	70
V.2.4. Traitement des boues	71
V.2.4.1. Dimensionnement de l'épaisseur à faible charge.....	71
V.3. Conclusion.....	73

Chapitre VI : Calcul hydraulique

VI.1. Introduction.....	74
VI.2. Station de relevage	74

VI.2.1. Ouvrage d'arrivé.....	74
VI.2.1.1. Calcule la longueur de la lame déversant.....	74
VI.2.1.2. Calcule la hauteur normale	74
VI.2.2. Dimensionnement fosse à batard	77
VI.2.3. Dimensionnement station de relevage	79
VI.2.3.1. Calcul du diamètre de la conduite de refoulement	80
VI.2.3.2. Caractéristiques des pompes.....	80
VI.3. Profil hydraulique	83
VI.3.1. Côtes du terrain des zones d'implantation des ouvrages	83
VI.3.2. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages de la station d'épuration	83
VI.3.2.1. Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages.....	83
VI.3.2.2. Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages ainsi que les pertes de charge	84
VI.3.3. Calcul des côtes piézométriques des différents ouvrages	86
VI.3.3.1. Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les côtes Piézométrique.....	86
VI.4. Conclusion.....	88

Chapitre VII : Gestion d'exploitation de la station d'épuration

VII.1. Introduction.....	89
VII.2. La gestion de la station d'épuration.....	89
VII.3. Les objectifs de la gestion de la STEP.....	89
VII.4. Le chef d'exploitation de la station d'épuration	89
VII.5. Moyens et techniques d'exploitation de la station d'épuration.....	89
VII.6. L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration.....	90
VII.6.1. L'entretien du dégrilleur	90
VII.6.2. L'entretien du dessableur.....	91
VII.6.3. L'entretien du dégraissage	91
VII.6.4 L'entretien du traitement secondaire (boues activées).....	92
VII.6.5. L'entretien du décanteur secondaire (clarificateur)	92
VII.7. Les avantages et les inconvénients de la station d'épuration	93
VII.8. Hygiène et sécurité.....	93
VII.8.1. Les risque	93
VII.9. Conclusion	94

Conclusion générale

Référence bibliographique

Annexe

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Présentation de la ville

Tableau I.1 : Les valeurs mensuelles de la température	3
Tableau I.2 : D'enseilllements mensuels moyens.....	4
Tableau I.3 : Distribution des précipitations mensuelles moyennes.....	5
Tableau I.4 : Evaporation mensuelle et annuelle	5
Tableau I.5 : Les valeurs mensuelles moyennes et maximales des vitesses du vent.....	6
Tableau I.6 : La distribution mensuelle moyenne de l'humidité	7
Tableau I.7 : Population future du centre urbain	10
Tableau I.8 : Répartition des équipements scolaires par palier	10
Tableau I.9 : Répartition des équipements administratifs.....	11
Tableau I.10 : Répartition des équipements publique.....	12
Tableau I.11 : Répartition des équipements sportive.....	12
Tableau I.12 : Répartition des équipements économique	12

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients de traitement physico-chimique	22
Tableau II.2 : Classement des procédées par boues activés	23
Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients du procédé à boues activés.....	25
Tableau II.4 : Les avantages et les inconvénients de disque biologique	26
Tableau II.5 : Les avantages et les inconvénients des lits bactériens	27
Tableau II.6 : Les avantages et les inconvénients du lagunage	28
Tableau II.7 : Les avantages et les inconvénients des techniques au traitement tertiaire.....	32

Chapitre III : Réutilisation des eaux usées épurées

Tableau III.1 : Les paramètres physico-chimiques	39
Tableau III.2 : Les paramètres toxicologiques	40
Tableau III.3 : Les paramètres microbiologiques.....	41

Tableau III.4 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	41
Tableau III.5 : Recommandation de l'OMS	42
Tableau III.6 : Les avantages et les inconvénients de la REUE.....	44

Chapitre IV : Estimation des besoins et des charges polluantes

Tableau IV.1 : Consommation en eau de la ville de Béchar.....	45
Tableau IV.2 : Débit de rejet des eaux usées.....	47
Tableau IV.3 : Les débits de points en temps sec pour différent horizons.....	48
Tableau IV.4 : Les charges polluantes.....	50

Chapitre V : Dimensionnement de la station d'épuration

Tableau V.1 : Récapitulatif des principaux paramètres de dimensionnement	51
Tableau V.2 : Espacement et épaisseur des barreaux	53
Tableau V.3 : Les données de base de dimensionnement du dégrillage grossier	53
Tableau V.4 : Les données de base de dimensionnement du dégrillage fin... ..	54
Tableau V.5 : Les valeurs de δ	55
Tableau V.6 : Les résultats de calcul des dégrilleurs	56
Tableau V.7 : Les paramètres proposés pour le dimensionnement de l'ouvrage.....	56
Tableau V.8 : Pourcentage de MVS... ..	57
Tableau V.9 : Dimensionnement du dessableur –déshuileur.....	58
Tableau V.10 : Classement des réacteurs biologiques selon leurs rendements et leur charges.....	59
Tableau V.11 : Dimensionnement du bassin d'aération	64
Tableau V.12 : Dimensionnement du bassin d'anoxie	67
Tableau V.13 : Résultats de calcul du clarificateur à faible charge.....	68
Tableau V.14 : Dimensionnement l'ouvrage du filtre a disque	69
Tableau V.15 : Résultats de calcul du la désinfection par procédé UV	70

Chapitre VI : Calcul hydraulique

Tableau VI.1 : La rugosité en fonction de type de revêtement (SI)	76
Tableau VI.2 : Eléments géométriques pour une section trapézoïdale.....	76
Tableau VI.3 : Résultats de calcul la formule de Chézy, Manning-Strickler	76
Tableau VI.4 : Résultats de dimensionnement de l'ouvrage de réception	77
Tableau VI.5 : Résultats de dimensionnement de la station de relevage.....	82
Tableau VI.6 : Côte du terrain naturel des points d'implantation des ouvrages.....	83
Tableau VI.7 : Longueur de chaque tronçon	84
Tableau VI.8 : Récapitulatif des différentes côtes des ouvrages de la STEP	88

Chapitre VII : Gestion d'exploitation de la station dépuracion

Tableau VII.1 : Les rôles des personnes dans la STEP	90
Tableau VII.2 : L'entretien du dégrilleur	90
Tableau VII.3 : L'entretien du dessableur	91
Tableau VII.4 : L'entretien du dégraissage	91
Tableau VII.5 : L'entretien traitement biologique.....	92
Tableau VII.6 : L'entretien du décanteur (clarificateur)	92
Tableau VII.7 : Les avantages et les inconvénients de la station d'aération	93

LISTE DE FIGURE

Chapitre I : Présentation de la ville

Figure I.1 : Carte de situation géographique de la Wilaya de BÉCHAR	1
Figure I.2 : Situation administrative de la Wilaya de BÉCHAR	2
Figure I.3 : Représentation moyennes mensuelles des températures	3
Figure I.4 : Représentation de l'ensoleillement mensuel moyen	4
Figure I.5 : Variation mensuelle de la pluie annuelle de BÉCHAR	5
Figure I.6 : Représentation de l'évaporation mensuelle	6
Figure I.7 : Représentation de vitesse mensuelle du vent moyen et maximal	6
Figure I.8 : Représentation d'humidités mensuelles moyennes (%).....	7
Figure I.9 : Classification des zones sismiques en Algérie (RPA)	8
Figure I.10 : Image satellitaire de situation de la future STEP ville de Béchar	14

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

Figure II.1 : Filière de traitement dans la station d'épuration	18
Figure II.2 : Schéma d'un dégrilleur.....	19
Figure II.3 : Ouvrage de dessablage-déshuilage combinés.....	20
Figure II.4 : Décanteur longitudinal à pont racleur	21
Figure II.5 : Boues activée.....	23
Figure II.6 : Schéma de principe d'une filière de type disque biologique.....	26
Figure II.7 : Lit bactérienne	27
Figure II.8 : Lagunage naturel	28
Figure II.9 : Le principe d'un lagunage aéré.....	28
Figure II.10 : Unités avec filtre charbon actif série modulaire pour élimination de odeurs	30
Figure II.11 : Les rayons ultraviolets.....	31

Figure II.12 : Filtration tertiaire32

Figure II.13 : filtre charbon actif33

Chapitre III : Réutilisation des eaux usées épurées

Figure III.1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaire urbaines37

Chapitre V : Dimensionnement de la station d'épuration

Chapitre VI : Calcul hydraulique

Chapitre VII : Gestion d'exploitation de la station d'épuration

Figure VII.1 : L'entretien d'un bassin d'une STEP.....90

Liste des planches

Planche n°1 : Vue en plan de la station

Planche n°2 : Profil Hydraulique

Planche n°3 : Ouvrages de la station de Béchar (W. Béchar)

Introduction générale

L'eau est une nécessité dont l'homme a besoin pour la vie, il l'utilise dans des nombreux des domaines.

Au fil des années et de l'évolution des civilisations, les besoins d'eaux pour la consommation humaine ont augmenté, car l'eau est nécessaire pour le progrès et l'avancement.

Ces besoins conduisent nécessairement à la pollution de l'eau par plusieurs facteurs, la station d'épuration est nécessaire pour l'épuration et le traitement de ces eaux usées pour la réutilisation de ces eaux et protéger l'environnement.

Le développement de l'humanité est de plus en plus freiné par la pollution croissante de l'eau. La contamination des lacs et des rivières est un des problèmes de pollution de l'eau que l'on rencontre le plus fréquemment dans le monde, d'où la nécessité de traiter les eaux usées avant de les rejeter dans les milieux naturels.

Le rejet des eaux usées de la ville de Béchar se déverse directement dans oued sans aucun traitement préalable.

L'objectif principal de l'étude du système d'épuration des eaux usées de la ville de Béchar a pour objectif de protéger cet oued contre la pollution et de réutiliser l'eau traitée dans l'irrigation des agricultures et ce pour faire face aux demandes croissantes ressources en eaux de ce secteur qui souffre depuis quelques années d'insuffisance.

La solution consiste à l'emplacement d'une station d'épuration en aval de l'agglomération urbaine, localisé au sud-ouest de la ville de Béchar, pour traiter les eaux usées afin que les réutiliser en irrigation.

Notre étude a été réalisée selon un plan subdivisé en différentes parties à savoir :

- La présentation de la ville ;
- Les procédés d'épuration des eaux ;
- Réutilisation des eaux usées épurées ;
- Estimation des besoins et des charges polluantes ;
- Dimensionnement de la station d'épuration pour horizon 2050 ;
- Calcul hydraulique ;
- Gestion d'exploitation de la station d'épuration ;

Chapitre I :

Présentation de la ville

I.1.Introduction

Dans ce chapitre on va présenter la daïra de Béchar et la wilaya, en commençant d'abord par sa situation géographique, géologique, topographique ainsi que les caractéristiques hydrauliques de la zone et ses données climatologiques. Après nous allons déterminer la situation démographique et on finit par une étude de choix du site.

I.2.Situation géographique du site

La wilaya de Béchar se situe au sud-ouest du territoire national. Elle est limitée :

- Au Nord et Nord Est par les Wilayates de **NAÂMA** et **D'EL BAYADH**
- Au Sud par les Wilayates de **TINDOUF** et **D'ADRAR**.
- A l'Est par la Wilaya d'**ADRAR**.
- A l'Ouest par le **Royaume du MAROC**.

Elle est entourée d'une chaîne de montagne à savoir :

Djebel Antar 1 960 m.
Djebel Grouz 1 835 m.
Djebel Béchar 1 500 m.

La commune de **Béchar** une daïra qui s'occupe la partie Nord de la Wilaya, occupant une surface de 5 050 km² soit 3,13 % du territoire de la Wilaya.

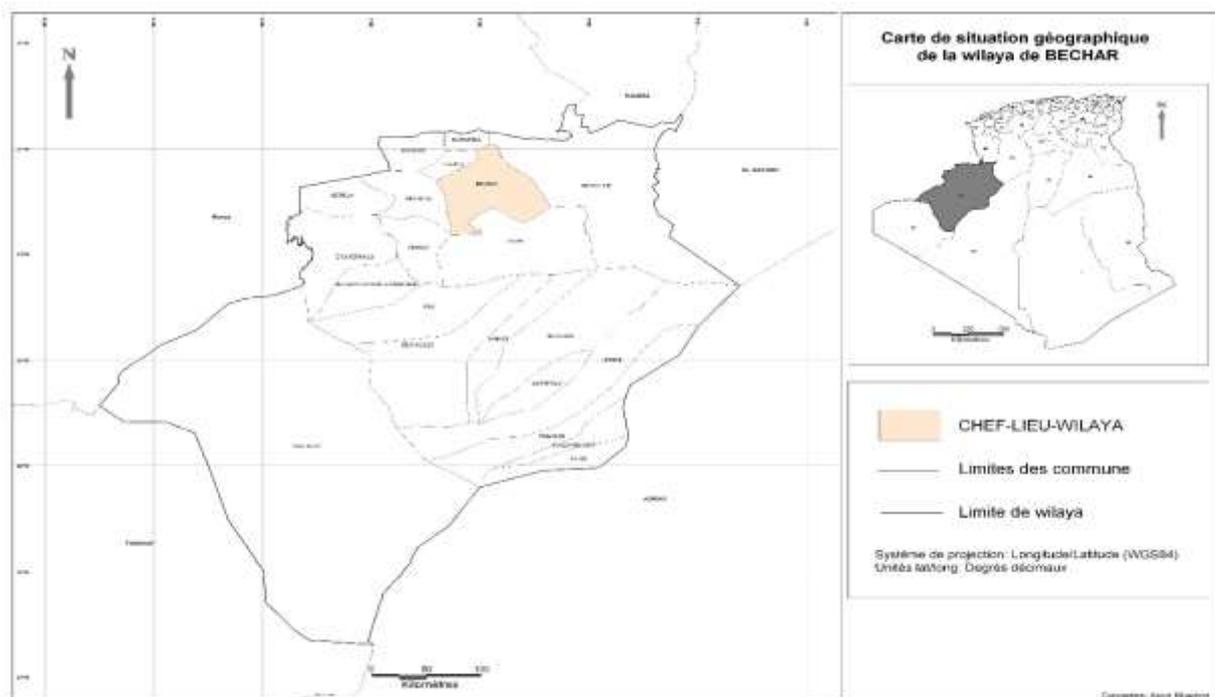
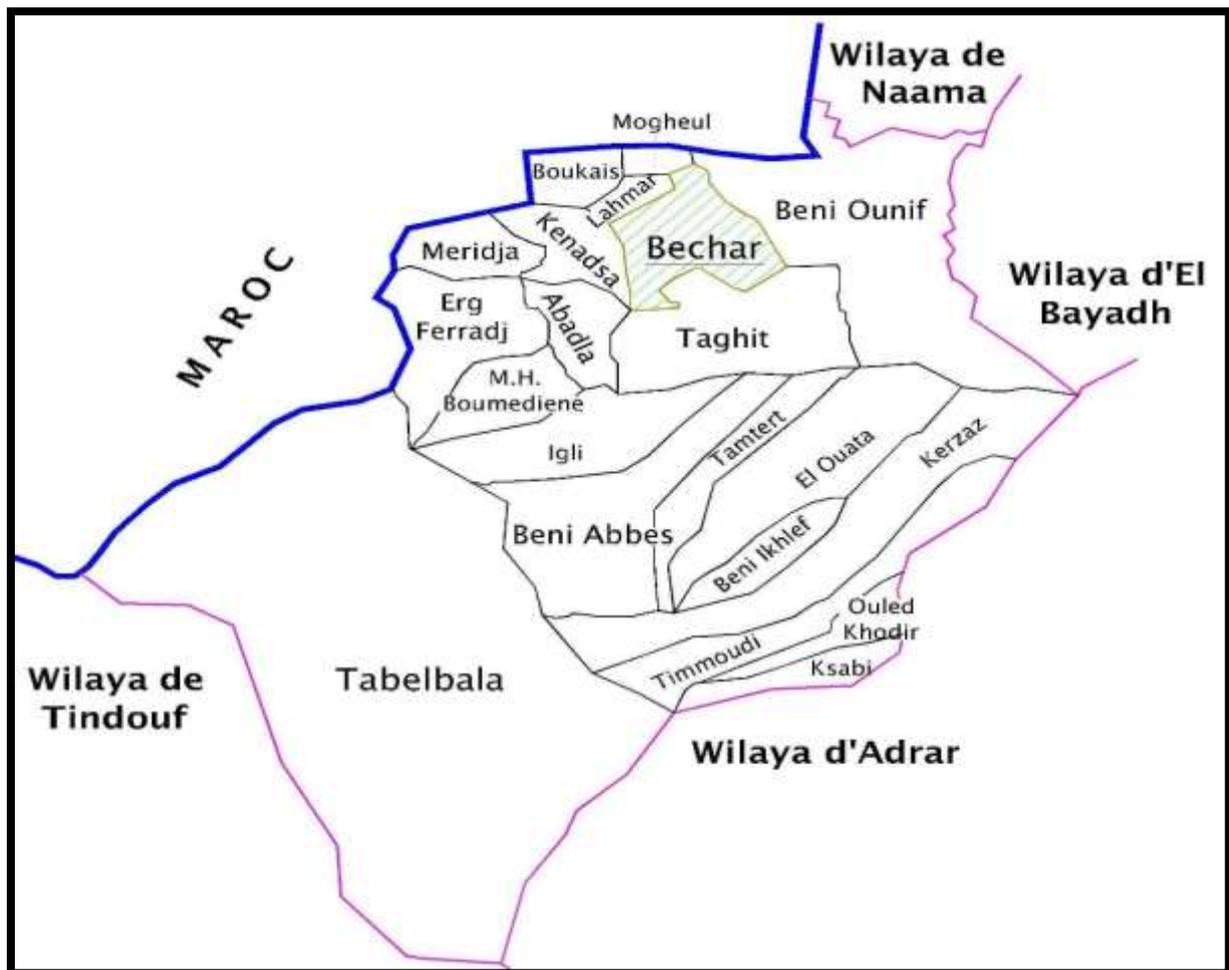


Figure I.1 : Carte de situation géographique de la Wilaya de Béchar

Elle se trouve localisée à 1 150 KM d'Alger et à 852 KM au nord-Est de Tindouf et à environ 80 KM à l'est de la frontière marocaine.

La commune de **Béchar** est délimitée par :

- Au Nord par la commune de **MGHOEUL**.
- Au Sud par la commune de **TAGHIT**.
- A l'Est par la commune de **BENI OUNIF**.
- A l'Ouest par la commune de **KENADSA**.



Source : DUC Béchar

Figure I.2 : Situation administrative de la Wilaya de Béchar

La situation de la ville de Béchar est montrée par la figure I.2 en bleu

I.3.Situation topographique

La ville de Béchar se situent à la limite nord-ouest du Sahara Algérien. On considère que la ville fait partie de la région de la Saoura.

Les coordonnées sont : 31° 37' 00" nord, 2° 13' 00" ouest.

I.4.Situation climatique

I.4.1. Le climat

Le climat de Béchar est de type aride à tendance saharienne de type désertique, un climat qui est méditerranéen chaud avec été sec.

I.4.2. La température

La température est un élément très important dans le bon fonctionnement d'un système d'épuration biologique.

Les valeurs des températures sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Les valeurs mensuelles de la température [1]

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MA
Tmoy(°c)	28,4	22,5	15,4	11,4	10	13	16,9	21,1	24	30,5	34,3	32,9	21,8
Tmax (°c)	34,7	28,6	21,2	17,3	16,6	19,3	23,7	27,4	31,2	37,8	41,2	39,3	28.2
Tmin (°c)	22,1	16,4	9,6	5,4	4,4	6,7	10,2	14,7	18,3	23,2	27,4	26,5	15.4

Source : ONM (2020)

Les valeurs de température mensuelles moyenne, minimal et maximale sont représentées dans la figure 2 suivante :

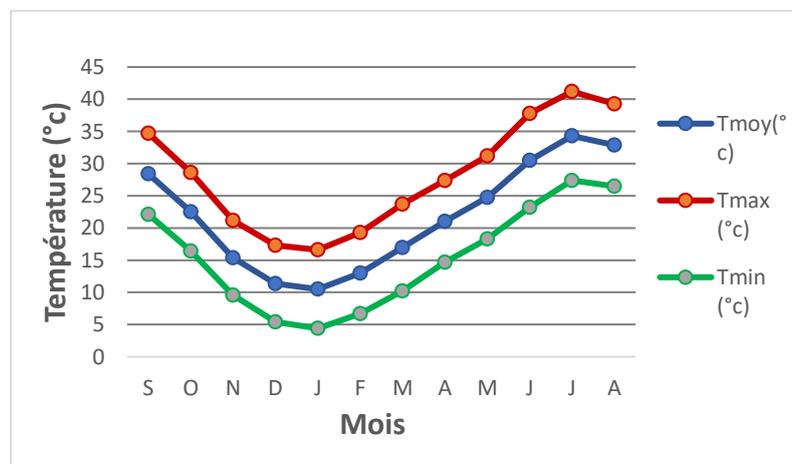


Figure I.3 : Représentation moyennes mensuelles des températures

La lecture du tableau nous permet de remarquer que les températures enregistrent entre le mois de mai et octobre un maximum atteignant au moins de juillet (34,3°C) ; le minimum est atteint au moins de janvier (10,0 °C). la température moyenne annuelle est de 21,8 et de ce fait, nous la considérons comme des températures favorables au bon fonctionnement d'un système d'épuration biologique.

I.4.3. L'enseillement

Ce facteur est primordial pour le bon fonctionnement d'un système d'épuration, et ce en rapport que peut faire subir le rayonnement solaire sur les différents types de traitement d'élément fondamentaux.

Les valeurs d'enseillement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : D'enseillements mensuels moyens [1]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MA
Ensoleillement (heure)	105	110	120	130	135	140	140	135	125	115	105	100	121,7

Source : ONM (2020)

L'analyse de ce tableau met en valeur l'importance de l'insolation dans la commune de Béchar.

Les valeurs les plus importantes de l'insolation sont enregistrées en période allant du mois d'avril au mois du septembre, la valeur la plus élevée est celle du mois de juin et juillet (140 heure/jour).

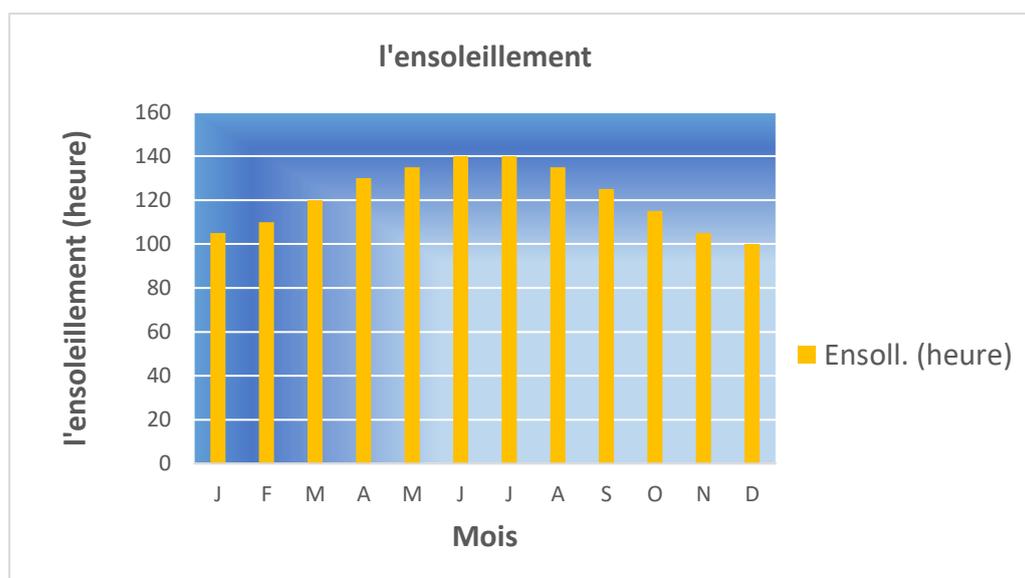


Figure I.4 : Représentation de l'enseillement mensuel moyen (heure).

I.4.4. La pluviométrie

L'étude des précipitations est indispensable. Elle détermine les écoulements des oueds et les apports des barrages pour irrigation ainsi que la capacité d'acceptation du milieu récepteur des volumes d'eau usée.

Les valeurs des précipitations mensuelles moyennes sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : Distribution des précipitations mensuelles moyennes [1]

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuelle
pluie (mm)	8,6	12,7	19,1	6,4	8,8	10,1	11,1	5,2	9,2	4,4	1,3	2,7	99,6

Source : ONM (2020)

L'analyse des données pluviométrique montre que la hauteur maximale des précipitations est enregistrée au mois de **Novembre** (19,1mm), tandis que le minimum est atteint au mois de **Juillet** (1,3 mm).

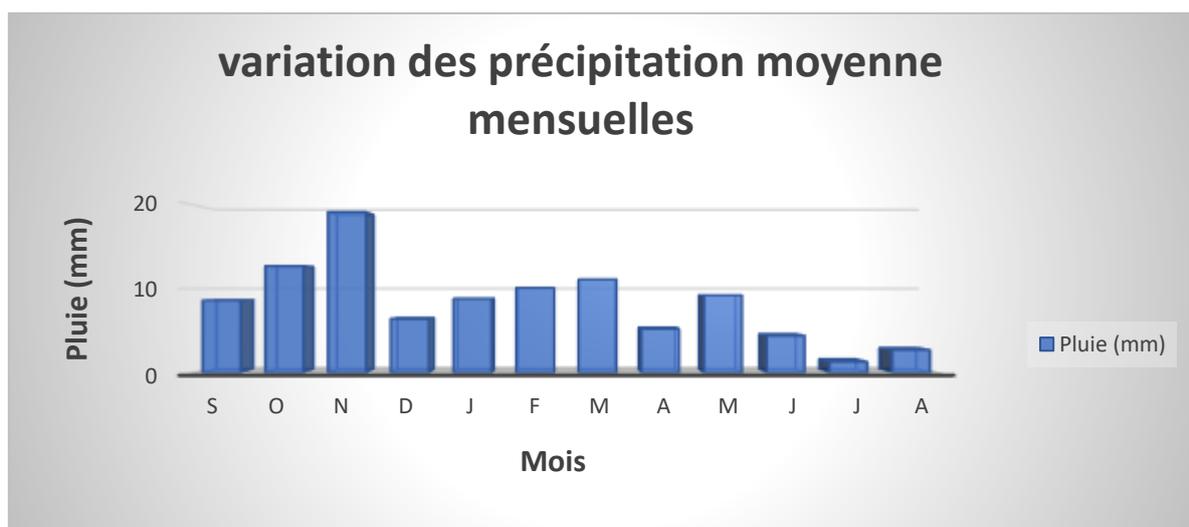


Figure I.5 : Variation mensuelle de la pluie annuelle de Béchar

I.4.5. L'évaporation

Les valeurs d'évaporation mensuelle et annuelle de Béchar sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau I.4 : Evaporation mensuelle et annuelle (mm) [1]

Moins	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MA
EVP (mm)	4,6	6,7	8,8	10,9	13	15,8	18,4	17,8	13,1	8,7	5,8	4,8	10,7

Source : ONM (2020)

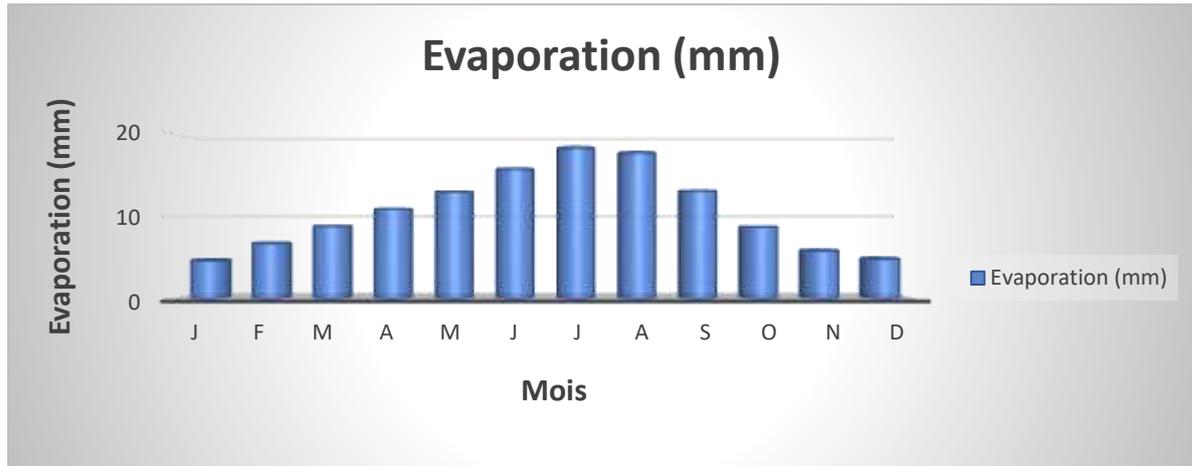


Figure I.6 : Représentation de l'évaporation mensuelle (mm)

Nous remarquons que l'évaporation est importante aux mois de juin, juillet et aout et elle est faible aux mois de novembre, décembre et janvier.

I.4.6. Le vent

Il s'agit d'un facteur important dans le system de protection de la station d'épuration.

Les valeurs concernant la vitesse mensuelle du vent moyennes, maximales sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.5: Les valeurs mensuelles moyennes et maximales des vitesses du vent [1]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MA
Vmoy (m/s)	2,4	2,2	2,9	3,2	3,1	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,6
Vmax (m/s)	6,1	6,8	7,1	7,7	7,9	7,8	7,0	6,6	6,8	6,5	5,8	5,5	6,8

Source : ONM (2020)

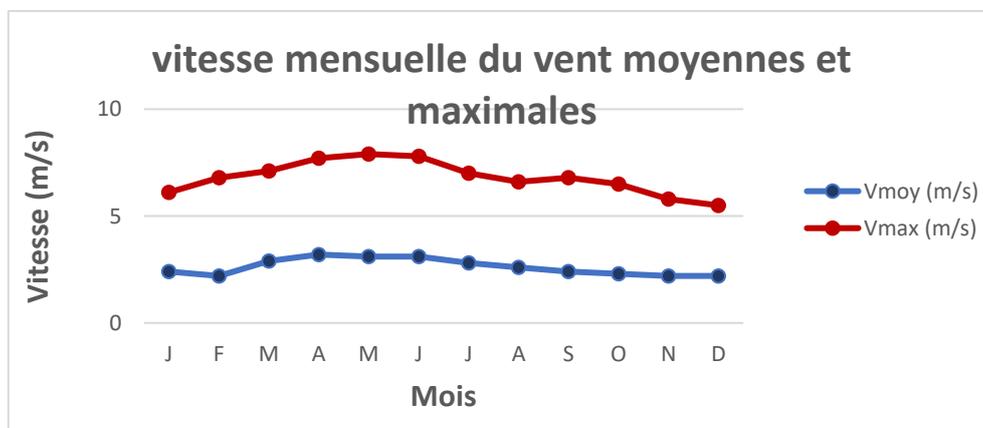


Figure I.7 : Représentation de vitesse mensuelle du vent moyen et maximal

Les directions dominantes des vents dans la région sont celles Nord-Est en Hiver, En été les vents les plus fréquents sont ceux du sud (sirocco).

La moyenne annuelle de la vitesse du vent est de **2,6 m/s**.

I.4.7. Humidité relative

L'humidité est généralement minimale vers 15 heures et maximale vers 6 heures, au lever du soleil.

Les valeurs de l'humidité sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.6 : La distribution mensuelle moyenne de l'humidité [1]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MA
Hr (%)	44	31	39	39	26	22	20	21	34	36	48	60	35

Source : ONM (2020)

La moyenne annuelle de la région est de 35 %. Ses valeurs sont atteintes en novembre, décembre et janvier (44 à 60 %) et minimales en juillet (20 %).

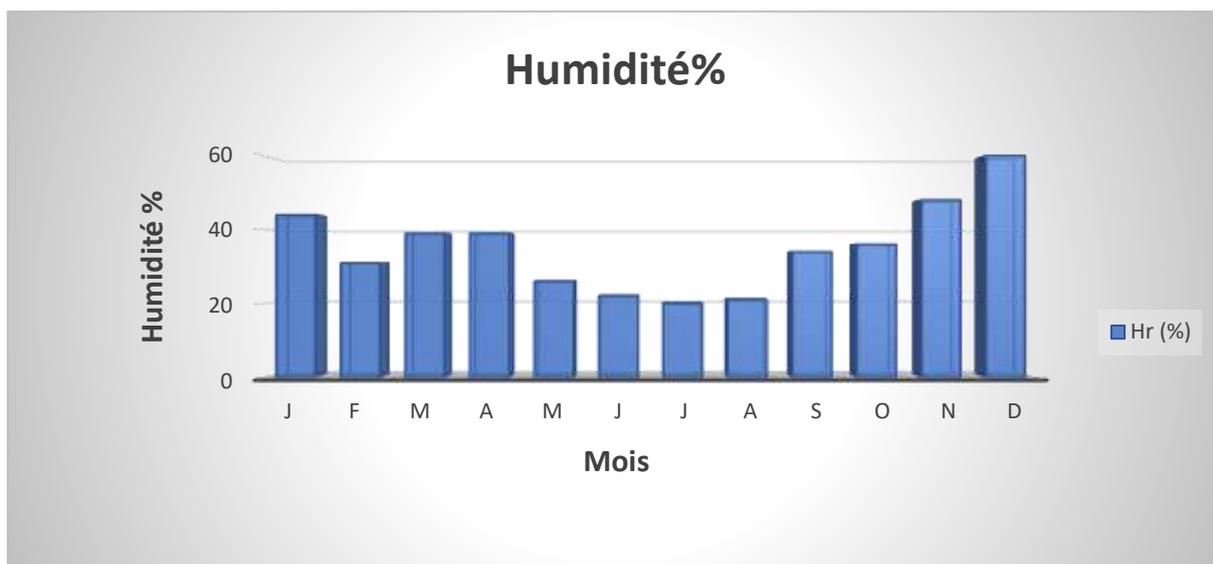


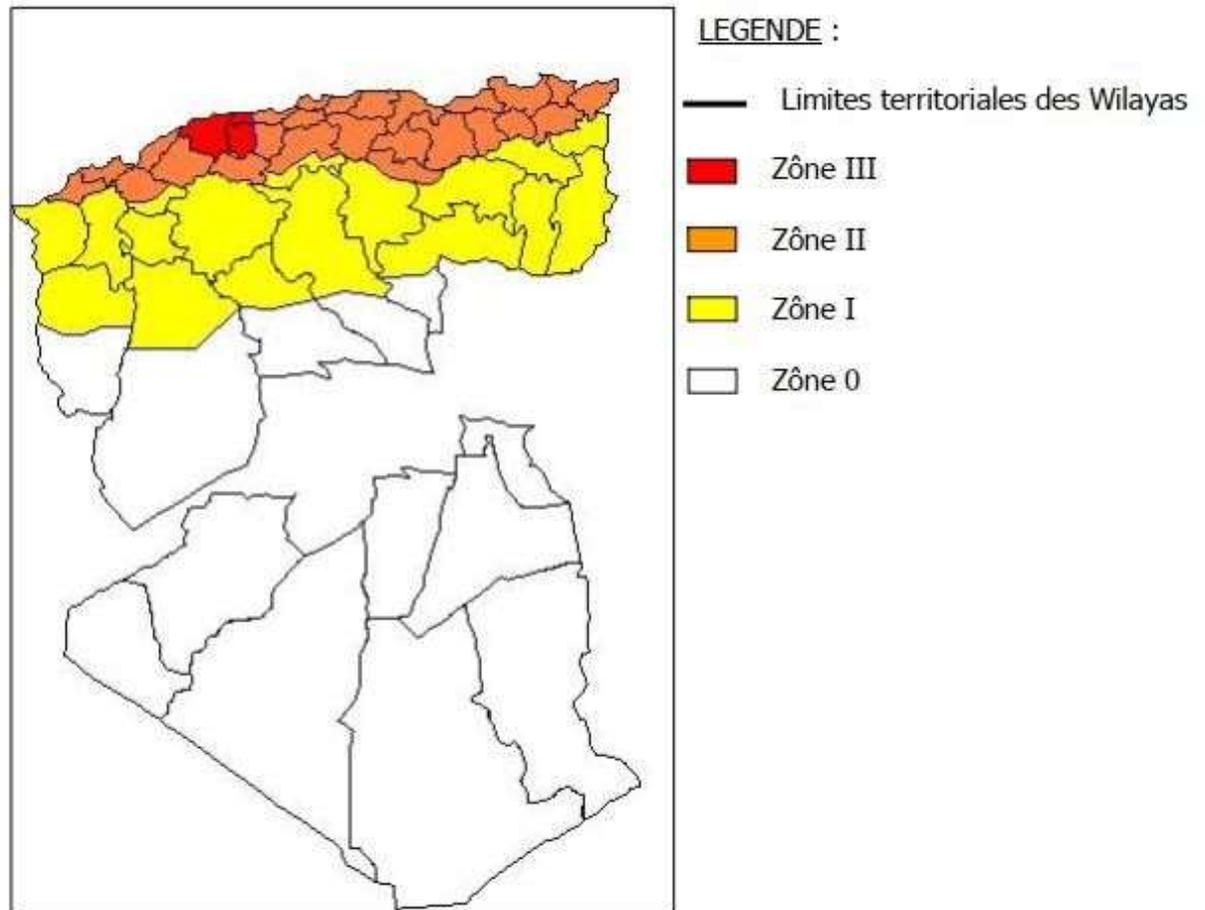
Figure I.8 : Représentation d'humidités mensuelles moyennes (%)

I.5. Sismicité de la région

Selon Règles Parasismiques Algériennes RPA 99 - Version 2003 établis par le ministère de l'habitat et de la construction le territoire algérien est divisé en quatre zones comme suit :

- Zone O : sismicité négligeable
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité moyenne.
- Zone III : sismicité forte.

D'après la carte de zonage sismique de l'Algérie la commune de Béchar est classée sous la zone I de sismicité négligeable



Source : RPA 99 version 2003.

Figure I.9 : Classification des zones sismiques en Algérie (RPA)

I.6. La géologie

La région de Béchar occupe, au pied de l'atlas saharien, une zone qui essentiellement constituée par des roches crétaées à l'Est de la Zousfana, laisse apparaitre, à l'Ouest de cet oued les vieilles roches primaires, les vieux schistes, c'est ainsi qu'à l'extrémité occidentale du Grouz l'Antar est de calcaire carbonifère.

L'épiderme des hamadas qui s'étendent en glacis au pied de l'Atlas saharien considérées dans leur épaisseur, ces déjections, nécessairement constituées, pour une parte importante, par du sable et des cailloux, sont meubles et restent, dans leur masse, extrêmement perméables, aussi s'explique-t-on qu'à travers ces gigantesques éponges les précipitations pluviales, immédiatement absorbées et soustraites à l'évaporation, soient définitivement acquises et

aillent s'ajouter, dans les profondeurs du sol, à la nappe souterraine.

Notons aussi que la région de Béchar fait partie de :

- La pénéplaine primaire la plus septentrionale ;
- Elle déborde, au Sud et à l'Ouest, les grands plateaux crétacés et les hamadas mio-pliocènes ;
- Des roches primaires les moins récentes ;
- Tous les gisements d'huile sans exception appartiennent à la pénéplaine hercynienne, la houille de kenadsa est hercynienne. [2]

I.7. Hydrologie

La région d'étude est située au Nord-Ouest du bassin versant de la Saoura, elle est drainée par un réseau hydrographique composé de six cours d'eau déversant dans l'Oued Béchar on rencontre :

- ✓ L'oued BEN ABID ;
- ✓ L'oued ROCKENT EL Betoum ;
- ✓ L'oued BELGROUN
- ✓ L'oued EL KARMA
- ✓ L'oued Tigheline

L'oued Béchar descend rapidement sur la hamada ou il reçoit de nombreux affluents venant des djebels Horreit et Béchar dont le plus important est l'oued Sfeiah. Après un parcours il va se perdre dans la Dait tior.

Le système hydrographique de la Saoura est constitué de trois importants oueds, Béchar, le Guire et le Zouzfana. [3]

I.8. Situation démographique

D'après le dernier recensement effectuée par l'A.P.C de Béchar, il a fourni le chiffre de 212 045 habitants, pour l'année 2020.

Pour le calcul de la population pour l'horizon visé, on utilise la formule du taux d'accroissement exponentiel :

$$P_n = P_0 (1 + T)^n \dots\dots\dots (I.1)$$

P_n : population future ;

P_0 : population de l'année de référence (2020) ;

n : nombre de l'année ;

T : taux d'accroissement=2,14 % ;

Tableau I.7 : Population future du centre urbain

Population en (2020)	Taux d'accroissement	Population à l'année 2030	Population à long terme 2050
212 045 hab	2,1	261 028 hab	395 450 hab

I.9. Les équipements

Nous intéressons dans cette partie aux services et équipements grands consommateurs d'eau susceptible une source de pollution.

➤ **Secteur sanitaire :**

il existe en niveau de la ville de Béchar :

- 04 Hôpital
- 01 hôpital militaire :
- 06 Polyclinique ;
- 06 Centre de santé ;
- 09 Salle de soin ;
- 33 Pharmacies ;
- 03 Laboratoire ;

➤ **Secteur scolaire :**

Tableau I.8 : Répartition des équipements scolaires par palier

Statut de l'établissement	Nom de Etablissement	Nombre Etablissement
Education	Ecole	62
	CEM	21
	Lycée	8
	CFPA	3
Education universitaire	Cité universitaire	3
	Centre universitaire	1

➤ **Secteur hôtelier :**

La ville de Béchar possède 09 Neuf infrastructures hôtelières.

De capacité totale : 500 touristes permanents / jour.

Par major, nombre équivalent-habitant représente :1000 EH

➤ **Secteur administratif :**

Tableau I.9 : Réparation des équipements administratifs

Equipement	Désignation	Nombre Unité
Administrative	- Siège APC	1
	- Daïra	1
	- Direction PME-PMI	1
	- Direction de l'Urbanisme et de la construction	1
	- Direction du logement et des équipement publics	1
	- Caisse Nationale des retraites	
	- Direction du tourisme	1
	- Direction des impôts	1
	- Direction régionale du commerce	1
	- Direction des forêts	1
	- Direction des ressources en eau	1
	- Direction des Mines et Industrie	1
	- Centre GPL et CLP	1
	- Hôtel des finances	1
	- Dépôt essence SONATRACH	1
	- Douanes	1
	- Protection Civile	1
	- Siège P.T.T	2
	- SONELGAZ	2
	- Agence SONELGAZ	1
- Subdivision hydraulique	1	
- Gendarmerie	1	

➤ **Secteur publique :****Tableau I.10 :** Réparation des équipements publique

Equipement	Désignation	Nombre Unité
Publique	- Mosquée	24
	- Centre culturel	3
	- Maison de culture	1
	- Marché	5
	- Gare routière	1

➤ **Secteur sportif :****Tableau I.11 :** Réparation des équipements sportive

Equipement	Désignation	Nombre Unité
Sportive	- Stade de football	1
	- Aire de jeux	5
	- Complexe omnisport	1
	- Piscine	1

➤ **Secteur Financier :****Tableau I.12 :** Réparation des équipements économique

Equipement	Désignation	Nombre Unité
Economique	- CPA	3
	- Banque BADR	1
	- BNA	2

Théoriquement, selon la taille et le niveau de vie, la consommation en eau des équipements d'une ville représente 10 à 20 % de celle de la population totale.

Au vu du nombre d'équipements présents dans la ville de Béchar, nous supposons que cela est équivalent à 20 % de la population de Béchar ville.

Ce taux nous servira par la suite, à estimer la capacité de la future STEP.

I.10. Activités socio-économique• **Activité agricole :**

La surface agricole totale (SAT) est de 193 130 **ha** tandis que la surface agricole utile (SAU)

est de **7 810 ha** repartis comme :

- Surface en sec de 350 ha.
- Surface irriguée est de 7 460 ha.

- **Inventaire des cultures :**

Les différents types des cultures pratiquées dans la région de Béchar sont comme suit :

- Les cultures herbacées (céréales, maraichères et les fourrages) 3 732 ha ;
- Arboricultures fruitières d'une surface de 267 ha ;
- Palmier dattiers d'une surface de 910 ha ;

La surface totale des cultures pratiquées dans la région de Béchar est de 4 909 ha.

I.11. Situation hydraulique

A. Alimentation en eaux potable :

Au niveau de la commune de Béchar, l'alimentation se fait à partir de plusieurs sources :

Le Barrage de Djorf Etorba ;

- Quatorze (14) forages ayant un débit total de 155 l/s ;
- Trois (03) station de pompage et de traitement ;
- Dix-sept (17) châteaux et réservoirs ;
- La dotation globale en eau est arrêtée à **150 l/hab/j** concerne les besoins domestique et ceux des équipements publics.

B. Réseau d'assainissement :

Le réseau d'assainissement de la ville de Béchar est configuré comme suit :

- Le centre de la ville est assaini selon un réseau de type pseudo-séparatif,
- Le taux de raccordement est de 98 % ;
- La longueur totale des conduites d'assainissement est de 208 049 ml.
- 36 023 ml en réseau primaire
- 172 036 ml en réseau secondaire
- La longueur totale des conduites des eaux pluviales est de 2 969 ml.

Un seul rejet principal avec un déversoir d'orage dont les eaux pluviales et les eaux usées sont rejeté dans le même Oued Béchar.

Le collecteur principal de rejet de la ville de Béchar, longe l'oued depuis le départ de Ouakda côté Nord, jusqu'à la sortie Sud de la ville sur une longueur de 17km.

I.12. Localisation du projet

Le projet a pour objectif la construction de la nouvelle station d'épuration des eaux usées de la ville de Béchar. La parcelle destinée à ce projet est un terrain plat avec une surface de 20ha, l'altitude est entre 730-741 m avec des pentes très faibles où la morphologie présentée est favorable au Sud-Ouest de la ville, à proximité de point de rejet des eaux à épurer.

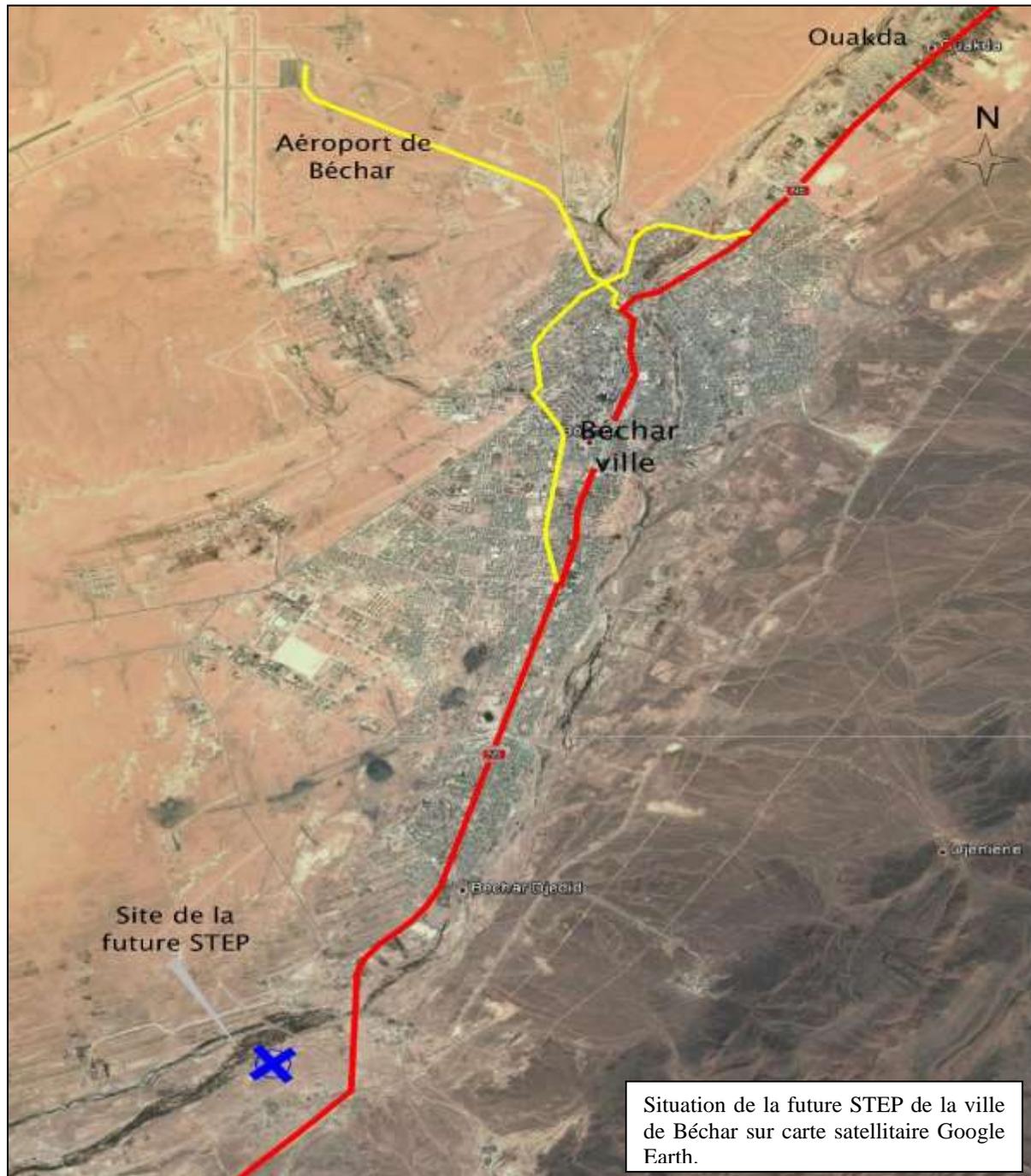


Figure I.10 : Image satellitaire de situation de la future STEP ville de Béchar

I.13. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu que la zone d'étude de la ville de Béchar est caractérisée par un climat aride saharienne. Le relief est pratiquement incliné de l'Ouest vers Est et de nature montagneuse et désertique.

Le réseau d'alimentation en eau potable dépend des eaux souterraine et superficielles, le réseau d'assainissement est pseudo-séparatif et en bon état pour acheminer les eaux usées urbaines de notre zone d'étude vers la cour d'eau dénommé « Béchar ».

Le développement de ces eaux usées chargées en matières polluantes peut causer un problème de santé publique et altérer les fonctions de ce milieu naturel, ainsi l'intention de l'investissement agriculture qui besoin d'autre sources d'eau d'où la nécessité de l'installation d'une station d'épuration.

Chapitre II :

Les procédés d'épuration
des eaux usées

II.1. Introduction

Dans la vie quotidienne, l'homme utilise l'eau pour répondre à ses besoins, les multiples utilisations de l'eau par l'homme donne lieu à la formation d'eaux usées, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, ces eaux sont collectées pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées ou réutilisées.

Au cours des prétraitements, une portion de pollution est éliminée mais l'effluent prétraiter véhicule toujours une partie importante de là ce qui nécessite un traitement plus approfondi.

II.2. Généralité sur les eaux usées

Les eaux résiduaires contiennent des matières minérales et organiques dans les trois phases, solide, liquide, gazeuse. Elles existent dans tous les états de dispersion depuis les débris grossiers jusqu'aux molécules dissoutes ou ionisées en passant par les dispersions grossières fines et colloïdales ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, ou de virus.

II.2.1 Origine des eaux usées :

La composition de l'effluent en matière polluante est variable suivant l'origine des eaux résiduaires, celles-ci peuvent provenir en trois grandes catégories :

❖ Les eaux usées domestique :

Ce sont les eaux de la cuisine, de la salle de bain, des toilettes...etc. Elles sont particulièrement porteuses de pollution organique, composées de graisses, détergents, solvant, déchets organique azotes ou encore de différents germes.

❖ Les eaux pluviales :

Elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie, et peuvent provoquer des pollutions importantes des cours d'eau.

L'eau de pluie englobe les impuretés de l'air et ruisselle sur des surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbures, de métaux lourds, d'huiles ...etc.

❖ Les eaux usées industrielle :

Ce sont des eaux rejetées par diverses usines de fabrication ou de transformation leurs qualités variante selon le type de l'industriel. Elle peut aller d'une eau usée à prédominance organique à une eau trop chargée en matière toxique et autre difficilement dégradable. [4]

II.2.2 Les différents types de pollution :

Les causes de pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles modernes. Selon leur nature, on distingue divers types de pollution :

✓ **La pollution chimique :**

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels, des métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants, dont les plus menaçants sont les métaux lourds.

✓ **La pollution organique :**

Elle se compose essentiellement de matière organique courantes (protides, lipides, glucides), les détergents (anionique, cationique, non ionique), les huiles et goudrons.

✓ **La pollution thermique :**

Ce type de pollution est cause par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires en particulier. Ces eaux chaudes provoquent de la réduction de la teneur en oxygène dissous dans l'eau et peut avoir des actions néfastes sur la faune.

✓ **La pollution microbienne :**

Cette pollution est due à la présence d'une multitude d'organisme vivant dans les eaux usées apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. La pollution microbiologique devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans le milieu récepteur pouvant provoquer les maladies dangereuses pour l'individu.

✓ **La pollution minérale :**

Il s'agit principalement de métaux lourds provenant des industries métallurgiques, traitement de mineries...etc. qui concernent surtout les éléments suivants : le fer l'aluminium, le mercure, le chrome, le plomb, le cuivre, le zinc et le chlore.

II.3. Les procédés d'épuration des eaux usées

Les eaux usées peuvent subir quatre traitements avant d'être rejetées dans le milieu récepteur :

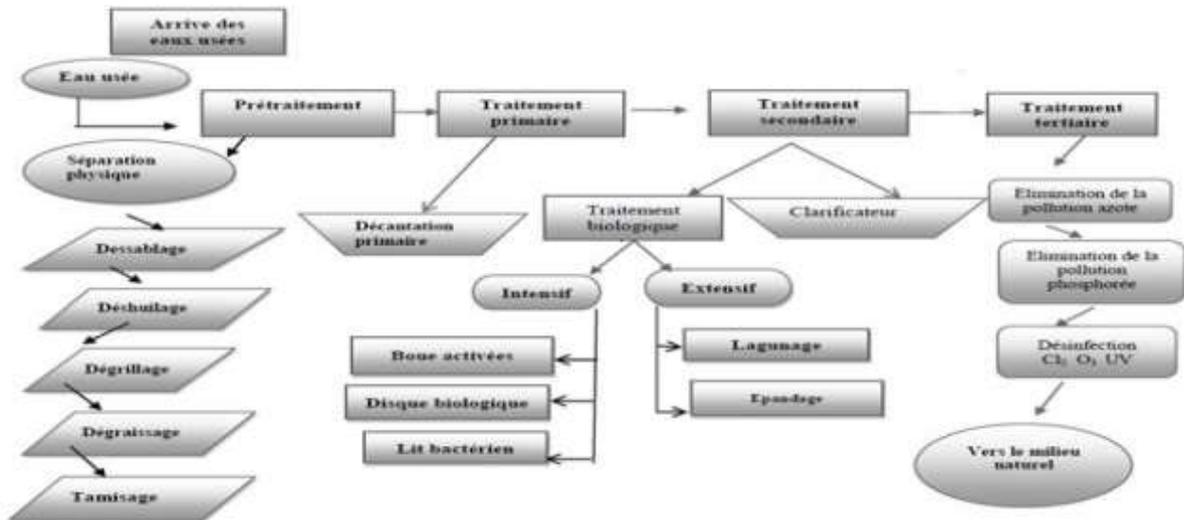


Figure II.1 : Filières de traitement dans la station d'épuration

II.3.1 Le Relevage :

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

II.3.2. Prétraitement :

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

Il comporte 4 parties principales :

- Un dégrillage (déchet volumineux) ;
- Tamisage ;
- Un dessablage (sable) ;
- Un dégraissage-déshuilage,

a) Le Dégrillage :

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécanique et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent il s'agit grille qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entrainer par les s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0.6 et 1 m/s. On distingue deux types :

a.1) Grille manuelle :

Les grilles manuelles sont composées de barreaux droits en acier, de section cylindrique ou rectangulaire. Ces grilles sont réservées aux petites installations (nombre d'habitant < 2000 Eqhab), barreaux inclinés de 60 à 80° sur horizontale dans le cas où le débit d'effluent est important. Le nettoyage se fait manuellement et quotidiennement.

a.2) Grille mécanique :

Ce sont des grilles à nettoyage automatique et sont utilisées à partir d'une certaine importance de la station (au-delà de 2.000 Eqhab), on a sous forme ; droite au courbe (quartde cercle).

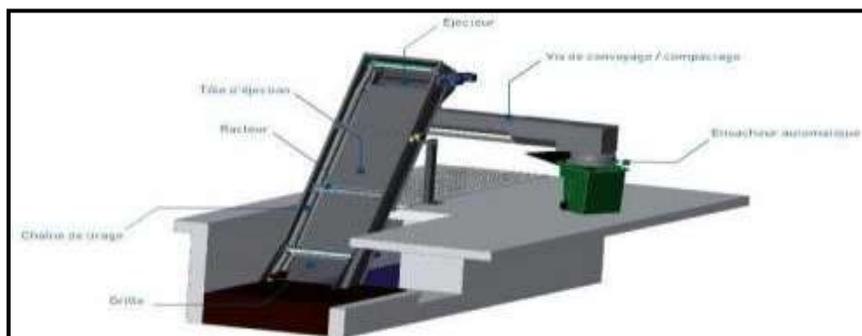


Figure II.2 : Schéma d'un dégrilleur

b) Tamisage :

Le tamisage est un dégrillage pousse utiliser dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100 µm). [5]

c) Le Dessablage :

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse d'écoulement est inférieure à 0,3m/s se déposent. Il s'agit principalement des sables.

Il est souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que les laisser s'accumuler en certain point (bassin d'aération...).

d) Le dégraissage-déshuilage :

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime par la mesure des <<matières extractibles par solvant>>. Les huile et graisses,

lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparés sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tel que :

- Envahissement des décanteurs ;
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs ;
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs ;
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes ;
- Diminution du rendement du traitement qui arrive après ; [10]

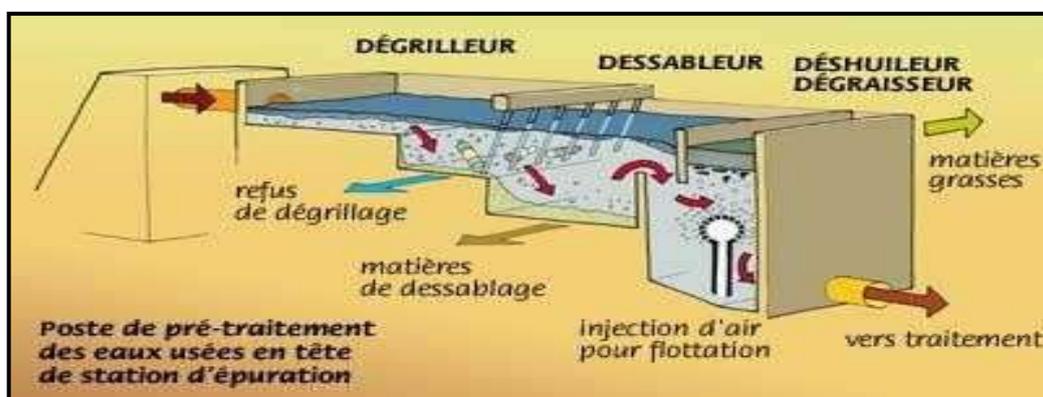


Figure II.3 : Ouvrage de dessablage-déshuilage combinés

II.3.3 Les traitements primaires :

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les traitements primaires ne portent que les matières particulaires décantables. Ils reposent essentiellement sur le principe de la séparation des constituants solides de la phase liquide par processus de décantation et de sédimentation.

Le traitement primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2m/h, 30 à 35 DBO₅, 40 à 60% de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle partie des micropolluants.

➤ Les traitements physico-chimiques

Après une étape de prétraitement, le traitement physico-chimique consiste en une séparation physique solide-liquide après un ajout de réactifs chimiques ayant provoqué l'agglomération des matières en suspension (MES). Le traitement se déroule en 4 phases :

a. La coagulation :

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique (sels minéraux) dits le coagulant.

L'efficacité coagulante des sels minéraux s'explique uniquement par une diminution du potentiel zêta, due à un compactage de la double couche ionique et à l'adsorption préférentiel, à l'interface solide-liquide, des cations qui assurent l'annulation des charges électriques répulsives c'est à dire leur potentiel.

b. La floculation :

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration.

c. La décantation :

La décantation, est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau.

d. La filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente. [11]

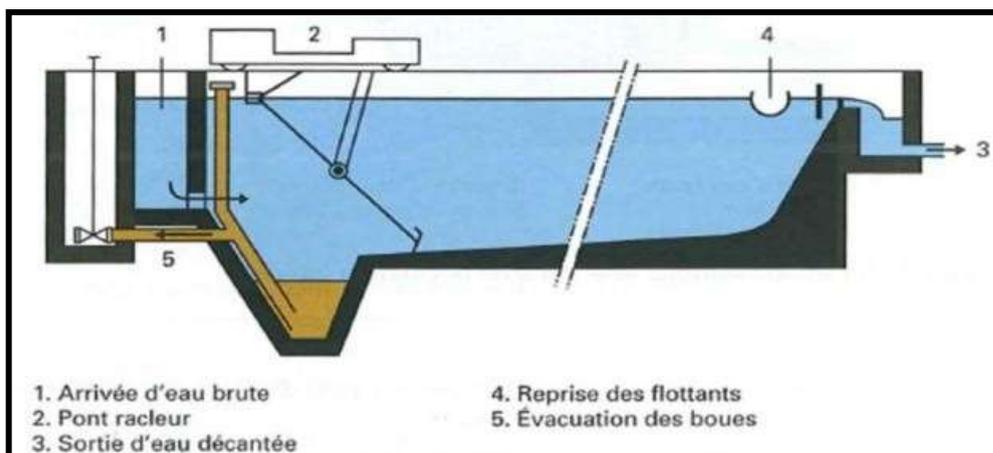


Figure II.4 : Décanteur longitudinal à pont racleur.

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients de traitement physico-chimique

Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Généralement pour des collectivités de taille moyenne ou importante (>20000 EH) ; • Bonne élimination de MES et du phosphore ; • Adaptation aux variations de charges (zone touristique, industrielles) ; • Insensible au non biodégradabilité des effluents ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Production importante de boues putrescibles ; • Coûts d'exploitation élevés (réactifs) ; • Automatisation de l'injection pas toujours satisfaisante pour faire faces aux brusques variations de charge ; • Élimination incomplète de la pollution organique et de l'azote

II.3.4. Les traitements secondaires (traitement biologique) :

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

II.3.4.1 Les procédés intensifs :

1. Les boues activées :

Ce principe d'épuration repose sur la dégradation aérobie de la pollution par mélange des micro-organismes épurateurs et d'effluent à traiter. Ce procédé est aujourd'hui utilisé dans la majorité des stations de capacité supérieure à 1 000 équivalents habitants.

Une station d'épuration par boues activées comprend dans tous les cas :

a) Un bassin d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice ;

b) Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurée et de culture bactérienne ;

c) Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché ;

d) Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération ;

Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts et de favoriser la diffusion de l'oxygène. [12]

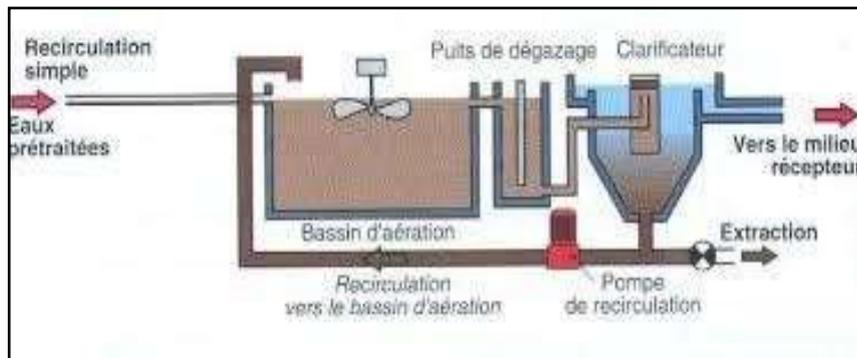


Figure II.5 : Boues activée

a. Les paramètres essentiels caractérisant un réacteur biologique :

En épuration d'eau un réacteur biologique pourra se caractériser suivant les paramètres essentiels :

✚ La charge massique (C_m) :

Elle caractérise l'équilibre biologique du traitement. Elle représente le rapport : **Nourriture/ biomasse**, elle définit la quantité de substrat polluant (DBO_5) mis à la disposition d'un micro-organisme (ou d'une unité de masse de micro-organismes) par unité de temps. Elle est exprimée en $kgDBO_5 / kg$ de matière sèche par jour. [12]

$$C_m = \frac{DBO_5 \text{ entrée } \left(\frac{kg}{T}\right)}{\text{masse du MVS dans le bassin } (kg)} = L_0 / XA \cdot V = L_0 / X_t \text{ (kgDBO}_5 \text{ / kg.MVS.j)}$$

Tableau II.2 : Classement des procédés par boues activées

Type	Charge volumique (Kg DBO_5 /j/ m^3)	Charge massique (Kg DBO_5 / Kg MVS/j)	Rendement (%)
Faible charge	0,3 – 0,8	0,1 – 0,2	> 90 %
Moyenne charge	0,8 – 1,8	0,2 – 0,5	90 %
Forte charge	1,8	0,5 – 1	80% – 90%

✚ La charge volumique (C_v) :

C'est la masse de pollution entrant journalière par unité de volume du réacteur.

La charge volumique est intéressante pour le dimensionnement rapide des d'aération, elle n'aucune signification biologique. Elle S'exprime en $kgDBO_5 / m^3 \cdot j$. [16]

$$Cv = \frac{DBO5 \text{ entrée } \left(\frac{kg}{l}\right)}{\text{volume du bassin } (m^3)} = L_0/V \text{ (kg DBO}_5 \text{ / m}^3 \cdot \text{j)}$$

Age des boues :

L'état physiologique de la biomasse est mesuré par l'âge moyen de la boue (le temps de séjour moyen des boues dans le bassin d'aération). Il se définit comme étant le rapport entre la quantité de boue dans le bassin et celle extraite quotidiennement. [12]

Indice de MOHLMAN (I_m) :

L'efficacité d'un procédé de boues activées est liée à la décantabilité de la boue formée par bio-floculation dans le bassin d'aération, cette décantabilité est mesurée par l'indice de MOHLMAN qui définit le volume occupé par une unité de masse boue après 30 minutes de décantation en éprouvette d'un échantillon d'un litre, par rapport à la masse de résidus sec de cette boue. [12]

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. [13]

b. Choix du procédé d'épuration :

Pour arriver à dimensionner une station d'épuration il faut choisir une de ces procédés en prenant en considération leur avantages et inconvénients qu'on va les citer ci-après :

✓ **Procédé à forte charge :**

Le procédé à forte charge est consacré au traitement des effluents des collectivités de grandes importances.

✓ **Procédé à moyenne charge :**

Le procédé à moyen charge est aussi consacré au traitement des effluents des collectivités de grandes importances.

✓ **Procédé à faible charge :**

Ce procédé est utilisé pour le traitement des effluents à caractère domestique dominant de petites et moyennes collectivités.

Tableau II.3 : Avantage et les inconvénients du procédé à boues activées

Aération prolongée ou faible charge		Moyenne ou forte charge	
Avantage :	Inconvénients :	Avantage :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> • Ce procédé a l'avantage de la simplicité d'exploitation. • Les boues obtenues sont en faible quantité non fermentescibles et pouvant être reçu sans nuisances sur lits de séchage. • D'autre part le rendement d'épuration est généralement supérieur à 95%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ce procédé nécessite relativement de grands volumes des bassins. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le taux d'épuration est de 90% pour la moyenne charge et de 85% dans le cas de la forte charge. • Par ailleurs, il y'a possibilité de réduction sensible des volumes des bassins d'aération et de décantation secondaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • La production de grandes quantités de boues très fermentescibles d'où l'utilisation d'un digesteur de boues.

C) Bassin d'aération :

Un bassin de boues activées est un ouvrage généralement en béton arme, qui est alimenté en continu par un effluent d'eau usée, dans lequel une quantité contrôlable d'air est insufflée, ce qui permet de garder la biomasse et les microorganismes épurateurs en flottation et de leur apporter l'oxygène nécessaire à la dégradation aérobie de la matière organique et minérale (H_2S , NO^3^- , NO^2^-), et même qu'il existe des bactéries qui peuvent assimiler des composés toxiques tels que, les phénols, les formaldéhydes...etc.

Les micro-organismes regroupés en formation floculeuse, entraînés par les eaux, parviennent dans le bassin de **décantation secondaire** (clarificateur). [11]

d) Décantation secondaire :

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de réparation est séparée en eau épurée et boues biologique par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera cheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur d'où le nom de processus des **boues-activées**. [13]

2. Disque biologique :

Dans une à disque biologique l'effluent préalablement décanter est admis dans un bassin ou des disques sont partiellement immergés. Ceux-ci tournent dans le sens l'écoulement, ils sont regroupés sur des axes et espacés de 2 à 4cm sur chacun d'eux.

La rotation permet ainsi le contact entre les microorganismes qui se développent fixes aux disques et l'effluent puis l'aération de cette biomasse.

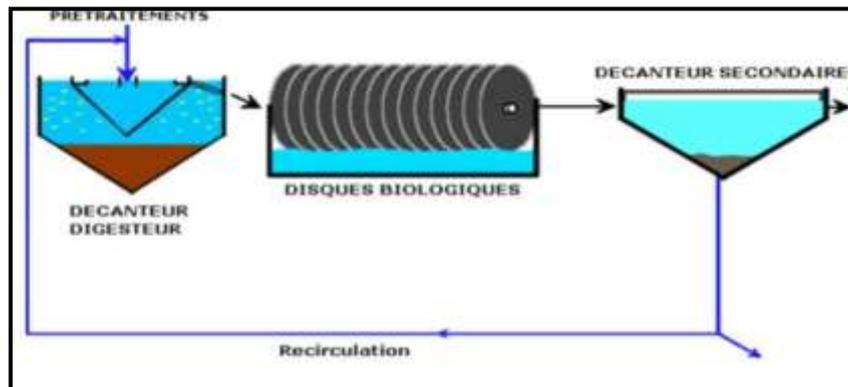


Figure II.6 : Schéma de principe d'une filière de type disque biologique

Tableau II.4: Les avantages et les inconvénients de disque biologique

Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Procédé économique ; • Exploitation simple ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne s'adaptent pas au traitement à forte charge, • Très sensible à la qualité des eaux à traiter ; • Ne s'adaptent qu'au traitement des effluents de petite agglomérations ;

3. Le lit bactérien :

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique des micro-organismes qui dégradent la matière organique en présence d'oxygène. Les micro-organismes sont retenus sur un support, appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin. Le temps de passage de l'eau au sein du système est très court, de l'ordre de quelques minutes. Un clarificateur est nécessaire avant le rejet, afin de recueillir les boues produites par le bactérien. [12]

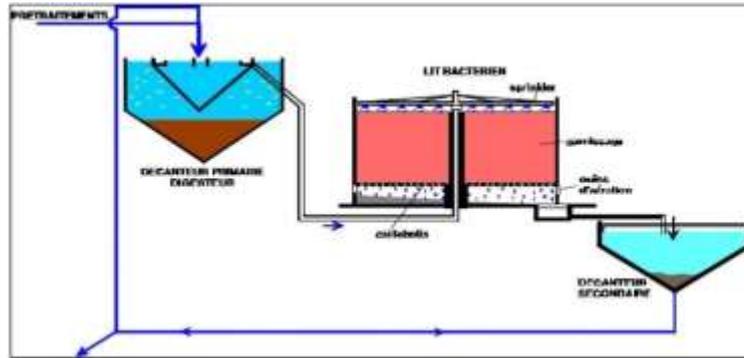


Figure II.7 : Lit bactérienne

Tableau II.5 : Avantage et inconvénient des lits bactériens

Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Occupation au sol relativement faible ; • Bonnes performances en termes de réduction de DBO, DCO et de MES ; 	<ul style="list-style-type: none"> Coût d'investissement élevé ; Ne supporte pas la variation de débit et de concentration des effluents ; Nécessite un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre importante) ; Pollution olfactive ; Nuisance par le développement des insectes ;

II.3.4.2. Les procédés extensifs :

1. Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration naturel qu'a pour principe d'utiliser la végétation aquatique comme agent épurateur des eaux polluées. Ces plantes sont des supports aux colonies bactériennes. On a deux types de lagunage :

✚ Le lagunage naturel :

Il consiste à faire séjourner pendant une longue durée les rejets dans des bassins successifs de grande étendue (ressemblant à des étangs) et de faible profondeur (environ 1 m).

Cela permet de favoriser le développement des micro-algues qui apportent l'oxygène nécessaire aux bactéries assurant l'épuration. Après avoir été ainsi épurées, les eaux sont dispersées dans le milieu naturel.

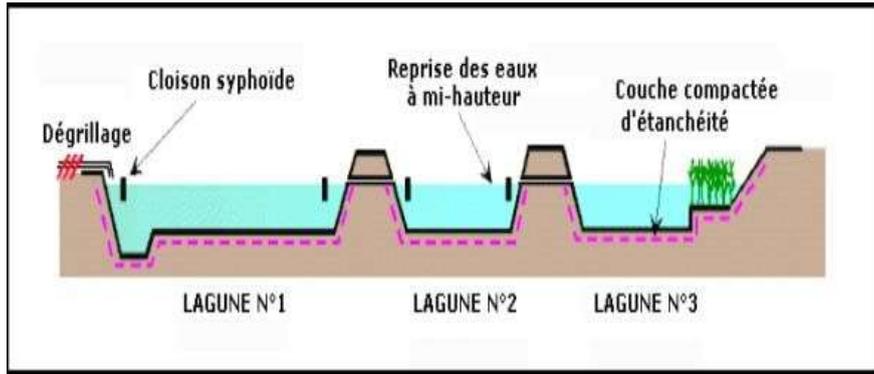


Figure II.8: Lagunage naturel

✚ Le lagunage aéré :

Ces installations sont constituées d'une lagune d'aération et d'une lagune de décantation (sur certaine station, il peut exister plusieurs lagunes d'aération est équipée de turbines flottantes ou fixes (profondeur 2 à 3m) ou systèmes d'insufflation d'air (profondeur 2 à 5m. [7]

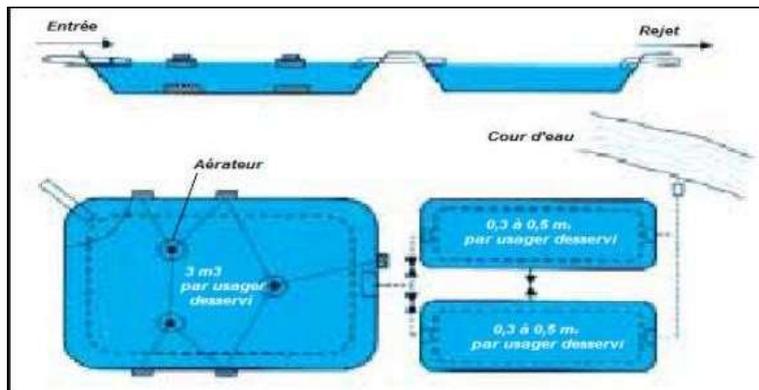


Figure II.9: Le principe d'un lagunage aéré

Tableau II.6: Avantage et inconvénients du lagunage

Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Procédé naturel sans aucune consommation d'énergie ; • Coût d'investissement relativement faible ; • Coût d'exploitation faible ; • Simplicité de fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte occupation au sol ; • Dégagement des odeurs à partir des bassins anaérobies ; • Temps de séjour relativement long compare aux procédés intensifs. • Performances variables suivant les saisons (réduit en hiver). • La concentration résiduelle élevée en matières en suspension.

II.3.5. Le traitement tertiaire (complémentaire) :

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes photogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires [14]. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

Ce procédé qu'est intervenu soit pour l'amélioration de la qualité de l'eau rejetée quand cette dernière ne répond aux normes de rejet ; Soit dans un usage industriel (lavage de sols ou de produits, systèmes d'incendie...etc.), agricole (irrigation) ou municipal (arrosage de golfs, de pelouses ou de terrains de jeu...) ou leur recyclage (partiel ou total) vers les ateliers de fabrication d'où elles proviennent.

A) Traitement de l'azote :

On parle de traitement tertiaire de l'azote lorsque, après un traitement biologique secondaire qui permet éventuellement un abattement partiel des formes azotées, le taux d'azote dans l'effluents reste élevé est nécessite une étape de dénitrification.

La station d'épuration qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles. Des procédés physique et physique-chimique complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse. Résines échangeuses d'ion, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût. [8]

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

➤ **La nitrification** : la nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains microorganismes spécifique et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (NH_4) (ou de l'ammonium) en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie en 2 étapes :

- **Nitrosation** : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).
- **Nitration** : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).

➤ **Dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

B) Traitement du phosphore :

Les normes de rejet sur le phosphore sont de plus sévères pour limiter les phénomènes d'eutrophisation, dus aux phosphates, dans les lacs et les cours d'eau.

L'élimination du phosphore, ou " déphosphoration", peut être réalisée par voies physico-chimique ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimique, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production de boues. [9]

C) Traitement des odeurs :

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisse, boues). La formation d'odeur désagréable suivant un processus de fermentation.

Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements ;
- Les boues et leur traitement ;

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans le premier, la biomasse est supportée par planches spécifiques et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre et l'épuration se produit dans un réacteur. [6]



Figure II.10 : Unité avec filtre charbon actif série modulaire pour élimination des odeurs

d) La désinfection :

Un abaissement de la teneur des germes : parfois exige pour les rejets dans des zones spécifiques (zone de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, [15], il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

➤ **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organique, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément "l'eau de javel", l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), le chlore de chaux ($\text{CaCl}_2\text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2).

➤ **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l'ozone est utilisée aux Etats-Unis, en Afrique du sud et au Moyen orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité.

➤ **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux micro-organismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.



Figure II.11 : Les rayons ultraviolets

➤ **La filtration** : est procédé physique qui permet de retenir les micro-organismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable grandissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, de bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée. [16]



Figure II.12 : Filtration tertiaire

Tableau II.7: Les avantages et les inconvénients des techniques au traitement tertiaire

	Ozone	Filtre sur milieu granulaire
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Très efficace contre les virus. • Spectre d'action large ; • Efficace contre les spores et les kystes, qui sont pourtant les microorganismes le plus résistants. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procède compact ; • Nécessite peu d'énergie ; • Automatisation simple ; • Sécurité par rapport au milieu récepteur.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Très instable ; • Pas de résiduel ; • Grande consommation d'énergie ; • Coûts investissement importants 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite de lavage ; • Investissement élevé ; • Efficacité limitée vis-à-vis de la bactériologie.

C) Réduction de la DCO dure :

La DCO dure appelée aussi DCO ultime ou bien DCO réfractaire est une DCO qui résiste aux traitements précédemment (primaire et secondaire). Elle est généralement due à la présence de molécules organiques difficiles à dégrader, issues de la chimie de synthèse : phénols, composés organohalogénés (AOX), hydrocarbure aromatiques polycycliques (HAP), huiles minérales, pesticides, détergents, colorants, solvant, ou encore tensioactifs.

Il existe deux techniques pour éliminer la DCO dure :

Les techniques chimiques ou bien destructives dont les principes consistent en l'oxydation des composés responsables de la DCO dure, l'ozone est l'oxydant le plus utilisé dans ces techniques. Les techniques physiques, dites séparatives qui permettent d'extraire de l'effluent les substances responsables de la DCO dure pour un traitement ultérieur. L'adsorption sur charbon actif est la technique la plus utilisée. [11]



Figure II.13 : Filtre charbon actif

II.3.6. Traitement des boues :

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles génère des quantités variables de boues, boue primaire issue du décanteur primaire, boue secondaire issue du traitement biologique. Ces boues sont très liquides, souvent fermentescibles, porteuses de germes et d'agents pathogènes et généralement de mauvaises odeurs, d'où la nécessité de les traiter.

Les objectifs du traitement sont :

- ✓ La réduction du volume des boues ;
- ✓ La réduction voire l'élimination du pouvoir fermentescible ;
- ✓ La réduction du risque sanitaire et environnemental ;

La filière de traitement des boues comprend en générale :

- ✓ Traitement d'épaississement ;
- ✓ Stabilisation ;
- ✓ Séchage des boues ; [12]

II.3.6.1. Epaississement :

Cette étape permet l'élimination de l'excédent en eau et d'augmenter la teneur en matière solide de la boue. Elle est réalisée par décantation et flottation.

+ Epaississement gravitaire :

Les épaisseurs gravitaires peuvent être choisis pour les stations de capacité < 1 000 EH. Deux raisons essentielles militent en faveur de temps de passage réduits des boues en phase d'épasseurs.

- Un séjour prolongé des boues secondaires induit rapidement des phénomènes de fermentation.
- un surnageant d'épaississeurs qui retournent en tête du traitement sont alors souvent septiques et responsables de problèmes biologiques (foisonnement, mousses) et de nuisances olfactives.

✚ Epaississement par flottation :

Dans ce type d'épaississement, les fines bulles d'air forées par dépressurisation s'accrochent aux floes des boues. Le mélange air-matière s'élève à la surface du bassin où il se concentre et sera éliminé par raclage de surface. L'emploi de poly-électrolyte augmente le rendement de capture des matières ainsi que la concentration de la boue épaissie.

II.3.6.2. Séchage des boues :

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elle contient ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente qu'il soit thermique ou sur lits de séchage.

II.5. Situation actuelle de l'épuration en Algérie

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³ et dépassera 1.5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux de réalisation d'installation d'épuration.

Exploitation

- Nombre de station d'épuration : 102(52 STEP+ 50 lagunes)
- Capacité installée actuelle : 570 hm³/an (1999 : 28 STEP pour une capacité de traitement de 98 millions de m³/jour)
- Situation du programme en cours de réalisation : Nombre de station d'épuration : 176(87 STEP+89 lagunes) capacité installée : 355 hm³/an.

II.6. Conclusion

Les Eaux usées de différentes compositions et de diverses origines contiennent des polluants dangereux qu'il faut éliminer avant le rejet ou l'réutiliser, nécessite un traitement.

En station, les traitements varient fonction de la nature de ces eaux usées.

Une grande partie de ce chapitre était consacrée aux problèmes d'épuration. On a donné une approche sur la présentation des différents procédés disponibles (physique, chimique, biologique...) a contribué à une description globale, d'une filière de traitement en mentionnant l'enchainement des étapes de l'épuration.

Le traitement biologique proposé dans notre étude est par boues activé mais ainsi le traitement tertiaire a suscité un intérêt particulier. Parmi les principaux dispositifs présentés, les procédés de rayons ultraviolets qui feront l'objectif de notre étude de modélisation et de simulation.

Chapitre III :

Réutilisation des eaux usées
épurées

III.1. Introduction

Le changement climatique que connaît le monde entier en ce 21^{ème} siècle a lancé le défi croissant de la gestion de l'eau pour arriver à établir un équilibre entre l'offre et la demande d'une eau de qualité. Cela est particulièrement difficile dans les régions arides et semi-arides des pays en voie de développement où l'eau est rare et où la population accroit rapidement et les ressources en eau sont limitées, en particulier pendant les périodes de sécheresses et de demande élevée. Cette caractéristique concerne particulièrement les régions où la consommation d'eau à des fins agricoles est très élevés (dans certaines régions, il s'agit de 70% de la consommation totale). D'où l'intérêt que peut présenter la réutilisation de l'eau à l'échelle locale ou régionale.

III.2. La réutilisation des eaux usées épurée

III.2.1. Définition :

Par définition, la réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. [17]

III.2.2. Application : [17]

La réutilisation de l'eau est essentiellement utilisée en irrigation (70%), mais aussi pour des domaines qui ne nécessitent pas de l'eau potable (usages industriels à environ 20% et usage domestique pour environ 10%).

Le recyclage de l'eau est d'abord pratiqué pour les eaux résiduaires internes des industries : certaines industries recyclent leur eau, fonctionnant ainsi en circuit fermé. Les entreprises peuvent ainsi viser à réduire leur consommation de 40% à 90%. Mais le procédé est aussi utilisé pour les eaux usées municipales secondaires : l'eau récupérée après traitement en station d'épuration reçoit un traitement supplémentaire afin d'être utilisée, essentiellement pour des usages qui ne nécessitent pas une eau potable : irrigation, réalimentation des nappes phréatiques, utilisation industriel...

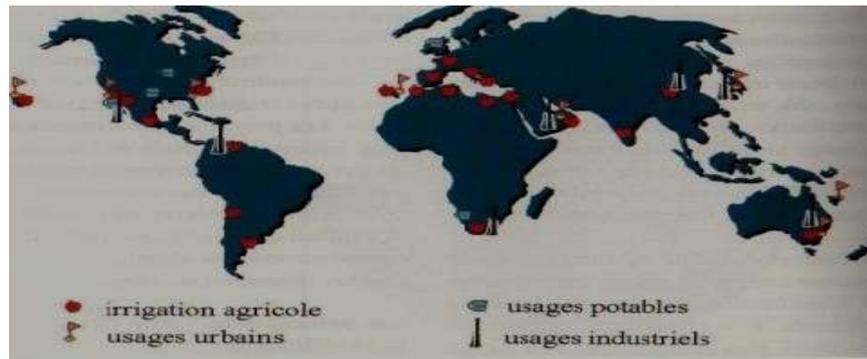


Figure III.1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines. [18]

La figure (III.1) résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis.

III.3. Catégories de réutilisation de l'eau épurée

Les pratiques de réutilisation peuvent être classées en quatre catégories dans un ordre décroissant, en commençant par celles qui nécessitent le plus haut degré de traitement.

III.3.1 Réutilisation à titre d'eau potable :

La réutilisation directe à titre d'eau potable, soit l'acheminement direct d'une eau récupérée à un système d'approvisionnement en eau potable.

La réutilisation indirecte à titre d'eau potable fait référence à l'augmentation des sources d'approvisionnement à partir d'eaux récupérées hautement traitées. [18]

III.3.2. Utilisation urbaines et récréatives non restreintes et irrigation des cultures vivrières :

Cette catégorie de réutilisation exige une qualité d'eau assez élevée et représente actuellement le plus haut degré de réutilisation pratiquée de façon courante. Entre autres exemples typique d'utilisation non restreinte en milieu urbain à des fins agricoles ou récréatives, mentionnons :

- Utilisation en milieu urbain : irrigation des parcs ; terrains de jeu et cours de récréation ; protection contre les incendies ; fontaines et bassin ornementaux ; chasse d'eau de toilette et climatisation des édifices.
- Utilisation non restreinte à des fins récréatives : application où il n'y a aucune restriction de contact avec le corps, notamment l'alimentation des lacs et des étendues d'eau où l'on peut nager, fabrication de neige.
- Irrigation agricole des cultures vivrières destinées à la consommation humaine sans cuisson.

Les procédés de traitement usuels nécessaire comportent un traitement secondaire minimal suivi d'une filtration et d'une densification ; des limites strictes sont fixées en ce qui concerne la demande biochimique en oxygène (DBO) des effluents, leur turbidité, le total des coliformes fécaux, les résidus de désinfection et le PH. [18]

III.3.3. Utilisation urbaines et récréatives restreintes, irrigation de culture non vivrières ou de cultures transformées avant consommation :

Ces applications sont des exemples relativement fréquents de réutilisation de l'eau dans des lieux d'accès restreintes. Ces restrictions supposent l'exposition limitée d'une population à l'eau récupérée ou encore l'exposition limitée des populations urbaines à des activités restreintes. [18]

Des exemples typiques de cette catégorie suivent :

- ✚ Irrigation d'aménagement : terrains de golfs, cimetières, bordures de verdure et terre-pleins des autoroutes.

- ✚ Utilisation récréatives restreintes : pêche récréative, canotage et autre activités récréatives sans contact.

- ✚ Irrigation agricole : fourrages, fibres, cultures grainières, pâturages, pépinières, gazonniers et aquaculture commerciale.

III.3.4. Réutilisation et recyclage industriels :

Le secteur industriel est celui qui utilise le plus d'eau. La réutilisation des eaux usées des municipalités pour répondre aux besoins du secteur industriel a commencé durant les années 1940. L'utilisation des eaux usées récupérées servent aux secteurs de la construction et de l'industrie, notamment le lavage des agrégats, la fabrication du béton, le nettoyage de l'équipement, l'alimentation des tours de refroidissement (à l'exclusion du refroidissement par évaporation) le nettoyage des cheminées, l'alimentation des chaudières et l'eau de fabrication. [19], [20].

III.4. Normes de qualité des eaux en irrigation

L'utilisation d'effluent à caractère non domestique, du fait de la présence possible en quantité excessive de micropolluants chimiques minéraux ou organiques, reste assujettie à un examen particulier de leur qualité chimique ; dans certains cas, elle pourra être interdite pour tout usage.

La législation en Algérie qui traite la réutilisation, des eaux épurées conformément aux textes suivants :

- Du décret N° 07-149 du 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux épurées à des fins agricoles.
- Arrêté interministériel du 02/01/2012 fixant les spécifications des eaux épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Tableaux III.1 : Les paramètres physico-chimiques (journal officiel de la République Algérienne, N26° du 2012) :

Paramètres	Unités	Valeurs Limitées maximales		
Physique	Température	°C	30	
	PH	-	6,5-8,5	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR= 0 - 3 CE	3 - 6		0,2
		6-12	ds/m	0,3
		12-20		0,5
		20-40		1,3
				3
	Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
DCO		mg/l	90	
Chlorure		meq/l	10	
Bicarbonate(HCO ₃)		meq/l	8.5	

➤ Selon les recommandations, la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux est la suivante :

Les effluents à dominance domestique :

- Rapport DCO/DBO₅ < 2,5
- DCO < 75 mg/l
- NTK : Azote total Kjeldhal < 100 mg/l.

Peuvent être utilisés, après épuration, pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces

verts.

➤ **Les eaux d'irrigation sont classées selon :**

- La salinité (Conductivité Electrique « CE ») et alcalinités (Sodium Adsorption Ratio « SAR ») ; **(annexe I)**
- Toxicologiques et microbiologique.

Tableaux III.2 : Les paramètres toxicologiques journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012) :

Paramètre	Unité	Valeur limitées maximales
Aluminium	mg/l	20,0
Cyanures	mg/l	0,5
Fluore	mg/l	15,0
Phénols	mg/l	0,002
Cadmium	mg/l	0,05
Cuivre	mg/l	5,0
Plomb	mg/l	10,0
Chrome	mg/l	1,0
Manganèse	mg/l	10,0
Zinc	mg/l	10,0
Nickel	mg/l	2,0
Fer	mg/l	20,0
Arsenic	mg/l	0,2
Bore	mg/l	0,5
Cobalt	mg/l	2,0
Lithium	mg/l	5,0
Mercure	mg/l	0,01
Sélénium	mg/l	0,02
Vanadium	mg/l	1,0

Tableaux III.3 : Les paramètres microbiologiques **journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012**) :

Groupe des cultures	coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive	< 100	Absence
Culture de produits pouvant être consommés crus		
Légumes qui ne sont consommés que cuits		
Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation alimentaire	< 250	< 0,1
Arbres fruitiers		
Cultures et arbustes fourragers		
Cultures céréalières	Seuil recommandé 1000	< 1
Culture industriel		
Arbres forestiers		
Plantes florales et ornementales		
Cultures du groupe précédente (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée	Pas des normes recommandées	Pas des normes recommandées

Tableaux III.4 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées :

Groupe des cultures pouvant être irriguée avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, cerise, noix...etc.
Agrume	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, lime, clémentine.
Cultures fourragères(2)	Bersim, sorgho fourragers, vesce et luzerne.

Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave.
Culture céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Culture de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel.	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

Tableaux III.5 : Recommandation de l'OMS

Réglementation de l'OMS				
Catégories	Condition de réutilisation	Groupe expose	Œuf d'helminthe (NNP/ml)	Coliforme (NNP/100ml)
A	Irrigation de culture pouvant être consommées crues, terrain de sport, parc public.	Travailleurs consommateurs public.	≤ 1	≤ 1 000
B	Irrigation de cultures céréalières, industrielle, de fourrages, d'arbres fruitiers et de pâturages.	Travailleurs	≤ 1	Pas de recommandation standard
C	Irrigation localisée de la catégorie B, sans exposition possible avec les travailleurs ou le public.	Personne	Non applicable	Non applicable

III.5. Contrainte de la réutilisation des eaux usées épurées

✚ Risque microbiologique :

- Dans le cas de l'agriculture, les microorganismes se retrouvent à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un endroit frais, humide (évapotranspiration) et à l'abri du soleil. Une contamination peut donc avoir lieu au moment de la croissance des végétaux ou même de la récolte.
- Le mode d'irrigation joue également un rôle non négligeable dans la définition du risque microbiologique :
 - L'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraine et de surface.
 - L'irrigation par aspersion crée des aérosols pouvant être gênants pour la santé humaine.
- Les helminthes (ascaris, trichocéphales, ...) représentent le risque microbiologique principal, suivi par les affections bactériennes (choléra ...) à moindre échelle et enfin, de façon très limitée, les virus. [23]

✚ Risque chimique :

- Les faibles concentrations en micropolluants dans les eaux usées traitées peuvent être un frein à la recharge d'aquifère. Même en faibles quantités, ces éléments présentent des risques de toxicité humaine à court terme et de maladies à plus long terme.
- Le risque posé par les effets à long terme de ces produits, pour lesquels il n'existe souvent aucune étude, est encore inconnu. De même, l'apparition de nouvelles substances toxiques n'est pas à exclure et il faut rester prudent, surtout vis-à-vis d'eaux usées traitées urbaines qui, dans certains cas, pourraient avoir une caractéristique chimique différente et des concentrations plus importantes. [23]

✚ Risques environnementaux :

- Le risque environnemental s'inscrit à la fois dans une optique de protection des ressources en eau et de préservation du sol. De plus, ce risque est intimement lié aux deux précédents.
- Dans un contexte agricole :
 - L'influence d'un excès de bore et d'autres éléments traces éventuels ;
 - L'affectation du rendement par la salinité ;
 - Le risque d'alcalinisation des sols par excès de sodium ;
 - Un résiduel en chlore trop important ;
 - Un excès de nutriments (azote, phosphore, potassium) ou les brûlures de feuille

par le sel en cas d'aspersion.

- Une grande quantité d'ions de sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration ; [23]

Tableau III.6 : Les avantages et les inconvénients de la REUE

Avantages	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Préservation de la ressource en eau ; • Protection du milieu : réduction des rejets d'effluents dans le milieu récepteur ; • Eaux usées largement présentes en zone urbaine ; • Limitation de l'utilisation d'engrais dans l'agriculture ; • Création d'emploi ; • Permet d'approvisionner en eau des territoires en stress hydrique, limite donc l'exode de population. • Economie de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'énergie ; • Investissement et exploitation coûteuses, impacts sur le prix de l'eau ; • Risque sanitaire et environnemental en cas de contrôles insuffisants ; • Peut s'apposer à une prise de conscience d'une gestion économe de la ressource ;

III.6. Conclusion

Compte tenu des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, et poser des problèmes d'ordre technique sur les systèmes d'irrigation. Pour assurer une bonne qualité d'eau qu'on peut l'utiliser surtout pour l'irrigation, ce chapitre répondre par les différentes méthodes utilisées et le rôle de chaque technique intervient pour l'objet d'épuration des eaux usées d'une manière valide la réutilisation ou bien le rejet dans le milieu naturel.

La configuration d'une station d'épuration est basée sur plusieurs paramètres, l'objectif de notre station est d'avoir une qualité d'eau purifiée qui permettra la couverture des besoins agricoles, et la protection environnementale, cela dépend les charges polluantes engendre par les eaux usées que la STEP va traiter.

Chapitre IV :

Estimation du besoin et des
charges polluantes

IV.1. Introduction

Dans un projet de conception d'une station d'épuration, l'évaluation des débits et des caractéristiques des eaux usées à traiter (la charge polluante) sont indispensables car il s'agit des facteurs de base de dimensionnement des ouvrages d'une station de traitement des eaux usées.

IV.2. Estimation des besoins en futur

L'évaluation des besoins en eau a pour objectif la mise en évidence de l'évolution de la population de la zone étude ainsi que l'évolution de ses besoins en eau potable et cela à différents horizons.

On a trois types de consommation :

- Consommation domestique ;
- Consommation des équipements ;
- Consommation estivale ;

IV.2.1. Besoin domestique :

On entend par besoins domestique, l'utilisation de l'eau pour : la boisson, la préparation des repas, la propreté...etc.

$$Q_j = N_{\text{hab}} * \text{Dot} \dots \dots \dots (IV.1)$$

Avec :

Q_j : La consommation journalier (m³/j) ;

N : Population ;

Dot : la dotation (l/j/habitant) ;

Tableau IV.1: Consommation en eau de la ville de Béchar

Horizon	2030	2050
Population	261 028	395 450
Dotation (l/j/habitant)	150	
Consommation journalière Q_{moy,j} (m³/j)	39 154,2	59 317,5

IV.2.2. Besoin équipements :

Débit des équipements vari de 10 à 20 %. Nous admettons un pourcentage de 15%. En effet, la ville de Béchar est considérée comme l'une des grandes villes sur le territoire Algérien.

➤ **Pour l'horizon 2030 :**

$$Q_{\text{équipement}} = 39154,2 * 20\% = 7830,84 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{équipement}} = 7\ 830,84 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Pour l'horizon 2050 :**

$$Q_{\text{équipement}} = 59317,5 * 20\% = 11863,50 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{équipement}} = 11\ 863,5 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.2.3. Besoin estivale :

Le débit moyen journalier de la population estivale est calculé par la même dotation hydrique

Ne : Population estivale ;

Dot : la dotation (l/j/habitant) ;

$$Q_{\text{touriste}} = 1000 * 150/1000 = 150 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{touriste}} = 150 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.2.4. Calcul besoin total :

C'est la somme des débits (débit de consommation et le débit d'équipement et le débit estival.

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = Q_{\text{moy,j}} + Q_{\text{équip}} + Q_{\text{touriste}} \dots \dots \dots (IV.2)$$

Donc on aura :

➤ **Pour l'horizon 2030 :**

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = 39154,2 + 7830,84 + 150 = 47135,04 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = 47\ 135,04 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Pour l'horizon 2050 :**

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = 59317,5 + 11863,5 + 150 = 71331 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = 71\ 331 \text{ m}^3/\text{j}$$

Pour éviter le risque des fuites et de gaspillage on fait une majoration de 15% donc on aura :

$$Q'_{\text{moy,j,tot}} = Q_{\text{moy,j}} * 1,15 \dots \dots \dots (IV.3)$$

➤ **Pour l'horizon 2030 :**

$$Q'_{\text{moy,j,tot}} = 47135,04 * 1,15 = 54205,3 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q'_{\text{moy,j,tot}} = 54\ 206 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Pour l'horizon 2050 :**

$$Q'_{\text{moy,j,tot}} = 71331 * 1,15 = 82030,65 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q'_{\text{moy,j,tot}} = 82\ 031 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.3. Estimation des charges

IV.3.1 Les charges hydrauliques

IV.3.1.1 Calcul des débits des eaux usées évacuées

Le calcul des débits des eaux usées domestiques déduit de celui des besoins en eau potable par application d'un coefficient de rejet pris égale à 80% selon la direction des ressources en eau (DRE) de Béchar. En effet, il est utile de noter que l'eau consommée ne correspond pas en totalité à l'eau produite à cause des fuites sous diverses formes et qui peuvent atteindre 20 à 30 % de production. On peut déterminer le débit moyen journalier des eaux usées rejetées par la population suivant la relation :

$$Q_{\text{moy},j} = Q_j * Cr \dots \dots \dots (IV.4)$$

- $Q_{\text{moy},j}$: Débit moyen journalier rejetée (m^3/j) ;
- Cr : Coefficient de rejet (**0,80**) ;
- Q_j : La consommation journalière (m^3/j)

Selon le **tableau IV.2** : (récapitulatif des besoins en eau pour différent horizon) on a estimé le débit moyen journalier pour les deux horizons, 82 031 m^3/j pour 2030 et 65 625 m^3/j pour 2050. Les débits moyens journaliers rejetés sont regroupés dans le tableau IV.3 :

Tableau IV.2 : Débit de rejet des eaux usées

Horizon	2030	2050
Coefficient de réduction globale	0,8	0,8
Débit de consommation (m^3/j)	54 206	82 031
Débit de rejet (m^3/j)	43 365	65 625

IV3.1.2. Le débit moyen horaire :

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{Q_{\text{moy},j}}{24} \dots \dots \dots (IV.5)$$

Avec :

- $Q_{\text{moy},h}$: débit moyen horaire (m^3/h) ;
- $Q_{\text{moy},j}$: débit moyen journalier (m^3/j) ;

- **Pour horizon 2030 :** $Q_{\text{moy},h} = 1\,807 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Pour horizon 2050 :** $Q_{\text{moy},h} = 2\,735 \text{ m}^3/\text{h}$

IV.3.1.3. Calcule débit de point :

La ville de Béchar est dotée d'un réseau d'assainissement type pseudo-séparatif, les calculs de débits de points en temps de pluie sont négligeable.

Ont distingué le débit suivant :

➤ **Débit de point par temps sec :**

Il est donné par la formule qui suit :

$$Q_{pts} = K_p * Q_{moy,j} \dots\dots\dots(IV.6)$$

Avec :

Qpts : débit de point par temps sec ;

Kp : coefficient de pointe ;

Qmoy, j : débit moyen journalier des eaux usée (m³/j) ;Le coefficient de point est estimé à partir débit moyen.

$$\text{Avec : } \begin{cases} K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy,j}}} & \text{Si } Q_{moy,j} > 2,8 \text{ l/s} \dots\dots\dots(IV.7) \\ K_p = 3 & \text{Si } Q_{moy,j} < 2,8 \text{ l/s} \end{cases}$$

➤ **Débit de point en temps de pluie :**

Le débit de point en temps pluie est donné par :

$$Q_{ptp} = (3 \div 5) * Q_{pts} \dots\dots\dots(IV.8)$$

Les résultats de calcul des débits moyens et de point des eaux usée sont illustres dans me tableau suivant :

Tableau IV.3 : Les débits de points en temps sec pour différent horizons

Horizon	Qmoy,j (l/s)	Kp	Qpts (m ³ /j)	Qpts (m ³ /h)
2030	502	1,61	69 817,65	2 909,07
2050	760	1,59	104 343,75	4 347,66

IV.3.1.4. Capacité de la future STEP :

La capacité de la future station d'épuration de la ville de Béchar en termes de débit, serade **43 365 m³/j** pour horizon 2030 et **65 625 m³/j** pour horizons 2050.

La population équivalente estimée à partir de la formule suivante :

$$EqH = \frac{Q_{moy,j}}{(Dot * 80\%)} \dots \dots \dots (IV.9)$$

Avec :

EqH : équivalente habitant ;

Q_{moy,j} : Débit moyen journalier rejetée (m³/j) ;

Dot : dotation pour les deux horizons (150 l/hab/jour) ;

- **Horizon 2030** : **361 375 EqH**
- **Horizon 2050** : **546 875 EqH**

IV.3.2. Evaluation des charges polluantes :

IV.3.2.1 La charge moyenne journalière en DBO₅ :

$$L_0 = C_{DBO5} * Q_{moy,j} \dots \dots \dots (IV.10)$$

Avec :

- **L₀** : charge moyenne journalier en DBO₅ (kg/j) ;

- [**DBO₅**] : la concertation en DBO₅ moyenne (Kg/m³) ;

- **Q_{moy,j}** : débit moyen journalier en (m³/j) ;

IV.2.2.2. La charge moyenne journalière en DCO

$$DCO_0 = C_{DCO} * Q_{moy,j} \dots \dots \dots (IV.11)$$

Avec :

- **DCO₀** : charge moyenne journalier en DCO (Kg/j) ;

- **C_{DCO}** : la concentration en DCO moyenne (Kg/m³) ;

- **Q_{moy,j}** : débit moyen journalier en (m³/j)

IV.3.2.3. La charge moyen journalieren MES

$$MES_0 = C_{MES} * Q_{moy,j} \dots \dots \dots (IV.12)$$

Avec :

- **MES₀** : charge moyenne journalier en MES (kg/j) ;

- **C_{MES}** : la concentration en MES moyenne (kg/m³) ;

- **Q_{moy,j}** : débit moyen journalier en (m³/j) ;

IV3.2.4 La charge moyenne journalière en azote (N)

$$N = C_N * Q_{moy,j} \dots \dots \dots (IV.13)$$

Avec :

-**N** : charge moyenne journalier en azote (N) (Kg/j) ;

-**C_N** : la concentration en azote moyenne (N) (Kg/m³) ;

-**Q_{moy,j}** : débit moyen journalier en (m³/j) ;

Les résultats de calcule des différentes charges polluantes pour les deux horizons sont illustrés

dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Les charges polluantes

Paramètres	Les Concentrations (mg/l)		Les charges journalières (kg/j)	
	2030	2050	2030	2050
Débit moyen journalier $Q_{moy,j}$	43 365	65 625	43 365	65 625
DBO ₅	416,67	416,67	18 069	27 344
MES	555,56	555,56	24 092	36 459
DCO	763,89	763,89	33 126	50 130
N	90,28	90,28	3 915	5 925
K= rapport (DCO/DBO₅)	1,83	1,83	1,83	1,83

Les résultats obtenus montrent que le coefficient de biodégradabilité **K** des eaux des rejets de Béchar est de **1,83** ce qui signifie que ces eaux contiennent des matières organiques (M.O) facilement biodégradables, donc un traitement biologique à boue activée est tout à fait adéquat pour traiter cette eau usée.

IV.4. Conclusion

La détermination des charges hydrauliques et polluantes à traiter est une étape primordiale lors de la réalisation d'un projet de station d'épuration.

Selon la valeur du coefficient de biodégradabilité, un traitement biologique à boue activée est adéquat pour traiter cette eau usée et le traitement tertiaire va assurer la bonne qualité d'eau en vue de sa réutilisation en milieu agricole.

Chapitre V :

Dimensionnement de la
station d'épuration

V.1. Introduction

Pour pouvoir étudier un projet de réalisation d'une STEP ou proposer un procédé de traitement d'une eau usée, il faut au préalable disposer de certaines données de bases requise pour le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées, telles que :

- Le nombre d'équivalent habitant (EqH) ;
- Débit total journalier (m^3/j) ;
- Débit moyen horaire (m^3/h) ;
- Débit de pointe en temps sec et en temps de pluie (m^3/j) ;
- Charge polluantes (DBO_5 et MES) (Kg/j).

Une station d'épuration comprend en général :

- Un poste de relevage des eaux brute ;
- Un prétraitement (Dégrillage, Dessablage-Déshuilage) ;
- Un traitement biologique (bassin d'aération, décanteur secondaire pour la clarification) ;
- Un traitement des boues (épaississement, déshydratation, lit de séchage...).

V.2. Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration

Les données de base pour le dimensionnement sont regroupées dans tableau suivant :

Tableau V.1 : Récapitulatif des principaux paramètres de dimensionnement

Paramètres	Unités	Horizon	
		2030	2050
Capacité	EqH	361 375	546 875
Charge hydraulique			
-débit moyen journalier ($Q_{moy,j}$)	m^3/j	43 365	65 625
-débit moyenne horaire ($Q_{moy,h}$)	m^3/h	1 807	2 735
-coefficient de pointe		1,61	1,59
-débit de pointe horaire en temps sec (Q_{pts})	m^3/h	2 909	4 348
Charge polluante			
DBO_5			
Charge journalier	Kg/j	18 069	27 344

MES			
Charge journalier	Kg/j	24 069	36 459
DCO			
charge journalier	Kg/j	33 126	50 130
N-NK			
charge journalier	Kg/j	3 915	5 925
Phosphore			
Charge journalier	Kg/j	598,5	906,63
Température	°C	27,7	27,7
PH	-	7,48	7,48
Conductivité	µs/cm	2 123	2 123

Le dimensionnement effectuer au-dessous est pour l'horizon 2050

V.2.1. Prétraitement :

V.2.1.1. Dégrillage

a) Calcul de dégrilleurs : [21]

Pour le calcul de la grille, on utilise la méthode de KIRSCHMER.

➤ **Largeur de la grille :**

La largeur de la grille est donnée par l'expression suivante :

$$B = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{max} \cdot (1 - \beta) \cdot \sigma} \dots\dots\dots (V.1)$$

B : La largeur de la grille (m).

a : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (60° à 80°).

h_{max} : Hauteur maximum admissible de l'eau sur une grille, h_{max} = (0,15 à 1,5).

β : Fraction de surface occupée par des barreaux,

$$\beta = \frac{d}{d + e} \dots\dots\dots (V.2)$$

d : Epaisseur des barreau (cm).

e : Espacement des barreaux (cm).

Tableau V.2 : Espacement et épaisseur des barreaux

Paramètre	Grille grossière	Grille fine
d (cm)	2	1
e (cm)	5 à 10	2

σ : Coefficient de colmatage de grille.

✓ Pour une grille manuelle, $\sigma = (0,1 \text{ à } 0,3)$.

✓ Pour une grille mécanique, $\sigma = (0,4 \text{ à } 0,5)$.

S : Surface de passage de l'effluent.

$$S = \frac{Q_{pts}}{v} \dots\dots\dots(V.3)$$

Qpts : Débit de pointe de temps en sec (m³/s),

v : Vitesse de passage à travers la grille (m/s),

La vitesse d'écoulement (de passage) de l'effluent est comprise entre (0,6 ÷ 1,4) m/s et cela pour le colmatage en profondeur des barreaux et ne pas provoquer des pertes de charges tops importantes.

En remplaçant l'équation (V.3) dans (V.1), on trouve :

$$B = \frac{Q_{pts} * \sin\alpha}{v * h_{max} * (1-\beta) * \sigma} \dots\dots\dots(V.4)$$

a.1) Dimensionnement du dégrillage grossier :

Le dimensionnement du dégrillage grossier est réalisé à l'aide des données suivante :

Tableau V.3 : Les données de base de dimensionnement du dégrillage grossier

Paramètre	Q _{pts} (m ³ /s)	v (m/s)	α (°)	h _{max} (m)	d (cm)	e (cm)	β	σ
Valeur	1,208	0,8	60	0,9	2	8	0,2	0,5

Alors :

$$B = \frac{1,208 * \sin 60}{0,8 * 0,9 * (1-0,2) * 0,5} = 3,64 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{B = 3,64 m}$$

$$S = \frac{1,208}{0,8} = 1,51 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{S = 1,51 m}^2$$

- **Calcul la longueur mouille de la grille :**

$$\text{On a : } \sin\alpha = h_{max} / L_0 \text{ alors : } L_0 = h_{max} / \sin 60 = 0,9 / \sin 60 = 1,03\text{m} \qquad \qquad \mathbf{L_0 = 1,03 m}$$

- La longueur de la grille :

$$L = L_0 + 0,5 \text{ donc } L = 1,03 + 0,5 = 1,53 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{L = 1,53 m}$$

a.2) Dimensionnement du dégrillage fin :

Le calcul d'un dégrillage fin se fait par les données exprimées dans le tableau ci-dessous.

Tableau V.4 : Les données de base de dimensionnement du dégrillage fin

Paramètre	Q _{pts} (m ³ /s)	v (m/s)	α (°)	h _{max} (m)	d (cm)	e (cm)	β	σ
Valeur	1,208	0,8	60	0,9	1	2	0,3	0,5

$$B = \frac{1,208 * \sin 60}{0,8 * 0,9 * (1 - 0,33) * 0,5} = 4,34 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{B = 4,34 m}$$

$$S = \frac{1,208}{0,8} = 1,51 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{S = 1,51 m}^2$$

- Calcul la longueur mouille de la grille :

$$\text{On a : } \sin \alpha = h_{\max} / L_0 \text{ alors : } L_0 = h_{\max} / \sin 60 = 0,9 / \sin 60 = 1,03 \text{ m} \qquad \qquad \mathbf{L_0 = 1,03 m}$$

- La longueur de la grille :

$$L = L_0 + 0,5 \text{ donc } L = 1,03 + 0,5 = 1,53 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{L = 1,53 m}$$

➤ **Calcul des pertes de charge :**

KIRSCHMER a établi une relation entre la perte de charge et le coefficient de forme des barreaux et l'angle de la grille avec horizontale. [21]

$$\Delta H = \delta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \sin \alpha \dots \dots \dots (V.5)$$

Avec :

ΔH : La perte de charge (m)

δ : Le coefficient de forme des barreaux

g : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)

d/e : Epaisseur des barreaux / espacement entre les barreaux (cm)

V : Vitesse d'écoulement dans la grille (0,8 m/s)

α : Angle d'inclinaison de la grille avec horizontal (α = 60°)

Les valeurs de **δ** dépendent de la forme des barreaux qui sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : Les valeurs de δ [22]

Type des barreaux	δ
Section rectangulaire	2,42
Section rectangulaire arrondi en semi-circulaire à l'amont	1,83
Section rectangulaire arrondi en semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1,67
Section circulaire	1,79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0,76

On prend $\delta = 1,79$.

- **Cas d'un dégrilleur grossier :**

$$\Delta H = 1,79 * \left(\frac{2}{8}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{(0,8)^2}{2*9,81} * \sin 60 = 0,0079 \text{ m} = 0,79 \text{ cm} \qquad \Delta H = 0,79 \text{ cm}$$

- **Cas d'un dégrilleur fin :**

$$\Delta H = 1,79 * \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{(0,8)^2}{2*9,81} * \sin 60 = 0,0200 \text{ m} = 2 \text{ cm} \qquad \Delta H = 2 \text{ cm}$$

➤ **Calcul des volumes des déchets retenus au niveau des grilles :**

Le volume des détritres retenus par la grille est fonction de l'espacement entre les barreaux et la qualité des eaux à épurer.

Soit :

$$\frac{12}{e} < V < \frac{15}{e} \dots\dots\dots(V.6)$$

a) Grille grossière :

$V_{\max} = 15/8 = 1,875 \text{ l/EH/an}$, pour $N= 546\ 875 \text{ EH}$ à l'horizon 2050, le V_{\max} des déchets

Sera :

$$V_{\max} = \frac{1.875 * 10^{-3} * 546\ 875}{365} = 2,8 \text{ m}^3/\text{j} \qquad V_{\max} = 2,8 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V_{\min} = 12/8 = 1,5 \text{ l/EH/an} = \frac{1,5 * 10^{-3} * 546\ 875}{365} = 2,25 \text{ m}^3/\text{j} \qquad V_{\min} = 2,25 \text{ m}^3/\text{j}$$

b) Grille fine :

$V_{\max} = 15/2 = 7,5 \text{ l/EH/an}$, pour $N= 546\ 875 \text{ EH}$ à l'horizon 2050, le V_{\max} des déchets sera :

$$V_{\max} = \frac{7,5 * 10^{-3} * 546\ 875}{365} = 11,24 \text{ m}^3/\text{j} \qquad V_{\max} = 11,24 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V_{\min} = 12/2 = 6 \text{ l/EH/an} = \frac{6 * 10^{-3} * 546\ 875}{365} = 8,99 \text{ m}^3/\text{j} \qquad V_{\min} = 9 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le tableau ci- dessous résume les résultats de calcul des dégrilleurs :

Tableau V.6 : Les résultats de calcul des dégrilleurs

Horizon 2050 avec Q _{pts} = 1,208 m ³ /s			
Paramètre	Unité	Grille grossière	Grille fine
La hauteur d'eau (h _{max})	M	0,9	0,9
Epaisseur des barreaux (d)	Cm	2	1
Espacement des barreaux (e)	Cm	8	2
Largeur de la grille (B)	m	3,64	4,34
Longueur de la grille (L)	m	1,53	1,53
Surface (S)	m ²	1,51	1,51
Perte de charge (ΔH)	M	0,79	2
Volume maximal des déchets (V _{max})	m ³ /j	2,8	11,24
Volume minimal des déchets (V _{min})	m ³ /j	2,25	9

V.2.1.2. Dessablage-Déshuilage :

a) Dimensionnement du bassin de dessableur-déshuileur :

Pour la décantation des particules il faut vérifier la condition suivante : [23]

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \quad \text{Ou} \quad V_e < V_s \dots\dots\dots(V.7)$$

L : Longueur du bassin (m) ;

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

V_e : La vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est V_e = 0,2 à 0,5 m/s) ;

V_s : la vitesse de sédimentation (vitesse V_s = 10 à 15 m/h)

L/H : varier de 10 à 15

T_s : le temps de séjour et compris entre 20 minute au débit de point.

Les paramètres proposés pour le dimensionnement de l'ouvrage sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.7 : Les paramètres proposés pour le dimensionnement de l'ouvrage

Paramètre	Q _{pts} (m ³ /s)	H (m)	V _e (m/s)	V _s (m/s)	L/H	T _s (min)
Valeur	1,208	3	0,3	0,004	10	20

➤ Le volume de dessableur (V) :

$$V = Q_{pts} * T_s \dots\dots\dots(V.8)$$

$$V = 1,208 * 20 * 60 = 1449,6 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V = 1450 \text{ m}^3$$

➤ **La surface horizontale (S_h) :**

$$S_h = \frac{V}{H} \dots\dots\dots(V.9)$$

$$S_h = \frac{1450}{3} = 483,33 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S_h = \mathbf{483,5 \text{ m}^2}$$

➤ **La longueur (L) :**

$$\frac{L}{H} = 10 ; L = 10 * H = 10 * 3 = 30 \text{ m} \qquad \qquad \qquad L = \mathbf{30 \text{ m}}$$

➤ **La largeur (l) :**

$$S_h = L * l$$

$$l = \frac{S_h}{L} = \frac{483,5}{30} = 16,12 \text{ m} \qquad \qquad \qquad l = \mathbf{16,2 \text{ m}}$$

➤ **Le volume d'air à insuffler dans le dessableur :**

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5 m³ d'air / m³ d'eau [29].

$$q_{air} = Q_{pts} * V \dots\dots\dots(V.10)$$

Avec :

V : Volume d'air à injecter (m³), on prend **V= 1,5 m³**.

Q_{pts} : Débit de pointe par temps sec (m³/s)

$$\implies \qquad q_{air} = 1,208 * 1,5 = 1,812 \text{ m}^3 /s = \mathbf{6\ 524 \text{ m}^3 \text{ d'air /h}}$$

➤ **Vérification de la condition de dimensionnement :**

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \implies \frac{30}{3} < \frac{0,3}{0,004}$$

$$\mathbf{10 < 75} \implies \text{la condition de dimensionnement est } \mathbf{v\acute{e}rifi\acute{e}e}$$

b) Calcul des quantités des matières éliminées par le dessableur :

Le pourcentage de MVS (matières volatiles en suspension) est obtenu en calculant le rapport MES /DBO₅ et à l'aide de ce tableau ci- dessous :

Tableau V.8 : Pourcentage de MVS [24] :

MES/DBO₅	1,5	1,17	1	0,83	0,67
% MVS	60	65	68	70	75

Dans notre cas le rapport **MES/ DBO₅ = 36459 / 27344 = 1,333**.

Alors : **MES = 62,47% MVS + 37,53% MM**(V.11)

Les charge en MES à l'entrée de dessableur est : **MES= 36 459 Kg/j**

- Les matières minérales totales $\implies MM = 0,3753 * 36\ 459 = 13\ 683\ \text{Kg/j}$
- Les matières volatiles en suspension $\implies MVS = 0,6247 * 36\ 459 = 22\ 776\ \text{Kg/j}$

Le dessableur permet d'éliminer des **70%** des matières minérales totales.

- Les matières minérales éliminées par le dessableur $\Rightarrow MM_e = 0,7 * 13\ 683 = 9\ 578,1\ \text{Kg/j}$
- Les matières minérales à la sortie de dessableur $\Rightarrow MM_s = 13\ 683 - 9\ 578,1 = 4\ 104,9\ \text{Kg/j}$
- MES sortants du dessableur :

$$MES_s = MVS + MM_s \implies MES_s = 22776 + 4104,9 = 26880,9\ \text{Kg/j} \quad \mathbf{MES_s = 26\ 880,9\ \text{Kg/j}}$$

Le tableau suivant résume les résultats de dimensionnement du dessableur-déshuileur pour l'horizon 2050.

Tableau V.9 : Dimensionnement du dessableur – déshuileur

Paramètre	Unité	Horizon 2050
Volume (V)	m ³	1450
Surface horizontal (S_h)	m ²	483,5
Hauteur (H)	m	3
Longueur (L)	m	30
Largeur (l)	m	16,2
Temps de séjour par temps sec (T_s)	min	20
Quantité d'air à injecter (q_{air})	m ³ d'air /h	6,524
Les matières minérales totales (MM)	Kg/j	13 683
Les matières volatiles en suspension (MVS)	Kg/j	22 776
Les matières minérales éliminées par le dessableur (MM_e)	Kg/j	9 578,1
Les matières minérales à la sortie de dessableur (MM_s)	Kg/j	4 104,9
Les matières en suspension à la sortie de dessableur (MES_s)	Kg/j	26 880,9
Concentration de MES à la sortie	Mg/l	409,61

V.2.2. Traitement secondaire :

Le procédé proposé est basé sur le traitement biologique par boues activées, l'objectif est de mettre en place un bassin d'aération (avec une zone de contact) + bassin d'anoxie en tête et en finira le traitement secondaire par un clarificateur, ce procédé offre des performances notables pour l'élimination de la pollution carbonée, azotée grâce à la biomasse libre dans les bassins.

Après le calcul de rendement d'élimination, on peut justifier le choix du procédé et justifier l'inutilité de mettre en oeuvre un décanteur primaire au début de ce procédé.

On a déterminé les valeurs des charges à partir le tableau suivant.

➤ **Rendement d'élimination [..]**

$$R = \frac{\text{Concentration de DBO}_5 \text{ entrée} - \text{Concentration de DBO}_5 \text{ sortie}}{\text{Concentration de DBO}_5 \text{ entrée}} * 100 \dots \dots \dots (V.12)$$

$$R = \frac{416,67 - 30}{416,67} * 100 = 92,80 \%$$

Tableau V.10 : Classement des réacteurs biologiques selon leurs rendements et leurs charges

Type	Charge volumique (kg DBO ₅ /j/ m ³)	Charge massique (kg DBO ₅ /kg MVS/j)	Rendement (%)
Faible charge	0,3 – 0,8	0,1 – 0,2	> 90%
Moyenne charge	0,8 – 1,8	0,2 – 0,5	90%
Forte charge	1,8	0,5 - 1	80% - 90%

V.2.2.1. Dimensionnement du bassin d'aération

Le bassin d'aération est un réacteur biologique dans lequel s'effectue l'élimination de la matière organique par les microorganismes aérobies. Il constitue un élément fondamental de la filière boues activées. Le bassin d'aération choisi est de forme rectangulaire où arrivent les eaux usées prétraitées.

V.2.2.1.1. Bassin d'aération à faible charge :

Donc on est en face d'un traitement à boues activées à faible charge.

- Une charge massique : $0,1 < C_m < 0,25$ (Kg DBO₅ / Kg MVS /j) ;
- On prend une charge massique : $C_m = 0,2$ Kg DBO₅ / Kg MVS/j ;
- Une charge volumique : $0,3 < C_v < 0,8$ (Kg DBO₅/j/m³) ;
- On prend une charge volumique : $C_v = 0,5$ Kg DBO₅/j/m³.

➤ **Volume total du bassin :**

$$C_v = \frac{L_0}{V} \dots \dots \dots (V.13)$$

C_v : la charge volumique en (kg DBO₅ /j/ m³)

L₀ : la charge en DBO₅ à l'entrée de bassin d'aération en (kg DBO₅/j)

V : le volume du bassin en (m³)

Donc : $V = L_0/C_v$ $V = 27344 / 0,5 = 54\ 688\ m^3$ $V = 54\ 688\ m^3$

➤ **Le volume utile par un bassin :**

$$V_u = V/3 \quad \Longleftrightarrow \quad V_u = 54688 / 3 = 18229\ m^3 \quad \mathbf{V_u = 18\ 229\ m^3}$$

➤ **La hauteur du bassin :**

Elle est prise généralement entre 3 et 5 m. soit $H = 4\ m$ $H = 4\ m$

➤ **Surface horizontale du bassin :**

$$S_h = \frac{V}{H} \quad \Longleftrightarrow \quad S_h = \frac{54688}{4} = 13\ 672\ m^2 \quad \mathbf{S_h = 13\ 672\ m^2}$$

➤ **La surface utile par un bassin :**

$$S_{hu} = S_h/3 \quad \Longleftrightarrow \quad S_{hu} = 13672/3 = 4\ 557\ m^2 \quad \mathbf{S_{hu} = 4\ 557\ m^2}$$

➤ **La longueur et largeur du bassin :**

Si on prend : $L = 2\ l$

$$S_{hu} = L * l = 2 * l^2 \quad \Longleftrightarrow \quad l = \sqrt{\frac{S_{hu}}{2}} = \sqrt{\frac{4557}{2}} = 47,73\ m \quad \mathbf{l = 47,73\ m}$$

$$L = 2l = 2 * 47,73 = 95,46\ m$$

➤ **Le temps de séjour en temps sec :**

$$T_s = \frac{V_u}{Q_{pts}} = \frac{18229}{4348} = 4,19\ h = 4\ h\ 11\ min\ 25\ s \quad \mathbf{T_s = 4\ h\ 11\ min\ 25\ s}$$

a) Calcule les charges polluantes :

a.1) La charge en DBO₅ à la sortie du bassin :

Selon les normes de réutilisation des EUT en agriculture, la concentration (S_s) à la sortie doit être égale à 30 mg/L de DBO₅.

$$L_s = S_s * Q_{moy,j} \quad \Longleftrightarrow \quad L_s = 30 * (10^{-6} * 10^3) * 65\ 625 = 1\ 968,75\ kg\ DBO_5/j$$

a.2) La charge polluante en DBO₅ éliminée :

$$L_e = L_0 - L_s \quad \Longleftrightarrow \quad L_e = 27344 - 1968,75 = 25\ 375,25\ kg/j \quad \mathbf{L_e = 25\ 375,25\ kg/j}$$

a.3) La charge en DCO éliminée par le bassin :

Le bassin biologique permet d'éliminer 80 % de la DCO.

- $DCO_e = 0.8 * DCO = 0.8 * 50\ 130 = 40\ 104\ kg/j$ $DCO_e = 40\ 104\ kg/j$

- $DCO_s = DCO - DCO_e = 50\ 130 - 40\ 104 = 10\ 026\ kg/j$ $DCO_s = 10\ 026\ kg/j$

a.4) La charge en MES éliminée par le bassin :

Le bassin biologique permet d'éliminer 90 % de la matière en suspension MES.

- $MES_e = 0.9 * MES = 0.9 * 26\ 880,9 = 24\ 192,81\ \text{kg/j}$ **MES_e = 24 192,81 kg/j**
- $MES_s = MES - MES_e = 26\ 880,9 - 24\ 192,81 = 2\ 688,09\ \text{kg/j}$ **MES_s = 2 688,09 kg/j**

a.5) Le rendement de l'épuration :

$$X_a = \frac{L_0}{C_m} \quad \Longrightarrow \quad X_a = 27\ 344 / 0,2 = 136\ 720\ \text{kg} \quad \quad \quad \mathbf{X_a = 136\ 720\ \text{kg}}$$

a.6) Concentration de boues dans le bassin :

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} \quad \Longrightarrow \quad [X_a] = 136720 / 54688 = 2,5\ \text{kg/m}^3 \quad \quad \quad \mathbf{[X_a] = 2,5\ \text{kg/m}^3}$$

b) Besoin en oxygène :

b.1) Besoins théoriques en oxygène :

La quantité théorique d'oxygène donnée par la relation :

$$q_{O_2} = \alpha * L_e + b' * X_a \dots\dots\dots(V.14)$$

q_{O₂} : Besoin en oxygène en (**kgO₂/j**) ;

α : Coefficient déterminant la fraction d'oxygène consommée pour fournir de l'énergie de synthèse, il dépend de la charge de la charge massique (**C_m**). **α = 0,5 * (C_m)^{-0,12} ;**

L_e : La charge en DBO₅ éliminé en (**kg DBO₅/j**) ;

b' : Coefficient cinétique de la respiration endogène. **b' = 0,13 * (C_m)^{0,16} ; X_a :** La masse total de boues présente dans le bassin d'aération (**kg**) ;

- $\alpha = 0,5 * (C_m)^{-0,12} \quad \Longrightarrow \quad \alpha = 0,5 * (0,2)^{-0,12} = 0,60 \quad \quad \quad \mathbf{\alpha = 0,60}$

- $b' = 0,13 * (C_m)^{0,16} \quad \Longrightarrow \quad b' = 0,13 * (0,2)^{0,16} = 0,10 \quad \quad \quad \mathbf{b' = 0,10}$

$\Longrightarrow q_{O_2} = (0,60 * 27344) + (0,10 * 136720) = 30\ 078,4\ \text{kg O}_2/\text{j} \quad \quad \quad \mathbf{q_{O_2} = 30\ 078,4\ \text{kgO}_2/\text{j}}$

b.2) La quantité horaire d'oxygène nécessaire :

$$q_{O_2,h} = \frac{q_{O_2}}{24} \quad \Longrightarrow \quad q_{O_2,h} = 30078,4 / 24 = 1253,27\ \text{kg O}_2/\text{h} \quad \quad \quad \mathbf{q_{O_2,h} = 1253,27\ \text{kg O}_2/\text{h}}$$

b.3) La quantité d'oxygène nécessaire par m³ du bassin :

$$q_b = \frac{q_{O_2}}{v} \quad \Longrightarrow \quad q_b = 30078,4 / 54688 = 0,55\ \text{kg/m}^3/\text{j} \quad \quad \quad \mathbf{q_b = 0,55\ \text{kg/m}^3/\text{j}}$$

c) Détermination des caractéristiques de l'aérateur :

c.1) Puissance d'agitation :

La puissance nécessaire pour le brassage et le maintien des solides en suspension est donné par la relation :

$$E_b = Sh * Pa \dots\dots\dots(V.15)$$

E_b : Puissance d'agitation (W) ;

Sh : Surface horizontale du bassin en (m²) ;

Pa : Puissance par m² du bassin avec $Pa = 30$ à 40 w/m², on prend $Pa = 35$ w/m² ;

$$E_b = 13672 * 35 = 478\ 520\ W = 478,52\ KW$$

c.2) Puissance nécessaire à l'aérateur :

$$E_a = \frac{q_{O_2,h}}{N} \dots\dots\dots(V.16)$$

E_a : Puissance nécessaire à l'aérateur en (KW) ;

$q_{O_2,h}$: La quantité horaire d'oxygène nécessaire (kg O₂/h) ;

N : Quantité d'oxygène par unité de puissance en (kg O₂/KWh) ;

Donc : $E_a = \frac{1253,27}{0,68} = 1\ 843,04\ KW$

c.3) Nombre d'aérateur :

$$n = \frac{E_a}{E_b} \implies n = 1843,04 / 478,52 = 3,85 \implies n = 4\ \text{aérateurs}$$

V.2.2.1.2. Bilan des boues :

a) Calcul de la quantité des boues en excès :

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'Eckenfelder. [11]

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_a - X_{eff} \dots\dots\dots(V.17)$$

X_{min} : Boues minérales (20% de MES) en (kg/j) ;

X_{dur} : Boues difficilement biodégradable (20% de MVS) en (kg/j) ;

a_m : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par (élimination de DBO₅), $a_m = 0,55$;

L_e : Quantité de DBO₅ éliminée en (kg/j) ;

b : Fraction de la masse cellulaire éliminer par jour en respiration endogène, $b = \frac{b'}{1,44}$

b' : coefficient cinétique de respiration endogène : $b' = 0,09 \implies b' = 0,0625$;

X_a : Masse totale journalier de MVS dans le bassin (kg) ;

X_{eff} : Fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 30 mg/l) ;

$MES_s = 26\ 880,9\ kg/j$, $MVS = 22\ 776\ kg/j$ (la sortie de dessableur- déshuileur)

- $X_{min} = 20\% \text{ MES}_s \implies X_{min} = 0,2 * 26880,9 = 5\ 376,18\ kg/j$
- $X_{dur} = 20\% \text{ MVS} \implies X_{dur} = 0,2 * 22776 = 4\ 555,2\ kg/j$

- $a_m L_e = 0,55 * 25375,25 \quad \Rightarrow \quad a_m L_e = 13\,956,39 \text{ kg/j}$
- $b X_a = 0,0625 * 136720 \quad \Rightarrow \quad b X_a = 8\,545 \text{ kg/j}$
- $X_{\text{eff}} = 30 * Q_j = (30 * 10^{-6} * 10^3 * 65625) \Rightarrow X_{\text{eff}} = 1\,968,75 \text{ kg/j}$
 $\Rightarrow \quad \Delta x = 5376,18 + 4555,2 + 13956,39 - 8545 - 1968,75 = 17\,311,52 \text{ kg/j}$

b) La concentration des boues en excès :

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots\dots\dots(V.18)$$

X_m : Concentration des boues en excès en (kg/m³) ;

I_m : Indice de Mohlman. C'est le volume en (m) occupée par un gramme de boue après ½ heure de décantation.

- Si $80 < I_m < 150$: les boues sont bien décantables ;
- Si $I_m > 150$: risque d'une mauvaise décantation et les boues recyclées seront claires ;
- Si $I_m < 80$: boues sont très minérale et peu actives ;

On prend : **I_m = 90** d'où : **X_m = 1200 / 90 = 9,23 kg/m³** **X_m = 9,23 kg/m³**

c) Débit de boues en excès :

Ce débit est donné par : $Q_{\text{excès}} = \frac{\Delta X}{X_m} \dots\dots\dots(V.19)$

Q_{excès} : Débit de boues en excès en (m³/j).

D'où : **Q_{excès} = 17311,52 / 9,23 = 1 875,57 m³/j**

d) Débit spécifique par m³ du bassin :

$$Q_{\text{sp}} = \frac{\Delta X}{V} \dots\dots\dots(V.20)$$

\Rightarrow **Q_{sp} = 17311,52 / 54688 = 0,316 kg /m³/j**

e) Le taux de recyclage :

$$R = \frac{[X_a]}{\frac{1200}{I_m} * [X_a]} * 100 \dots\dots\dots(V.21)$$

R : Le taux de recyclage en (%) ;

[X_a] : Concentration de boues dans le bassin en (kg/m³) ;

$$R = \frac{2,5}{9,23 - 2,5} = 37\%$$

f) Débit de boues recyclées :

$$Q_r = R * Q_j \dots\dots\dots(V.22)$$

\Rightarrow **Q_r = 0,37 * 65 625 = 24 281,25 m³/j**

g) Age de boues :

C'est le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité et la quantité de boues retirées quotidiennement.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta x} \dots \dots \dots (V.23)$$

$$\Rightarrow A_b = \frac{136720}{17311,52} = 7,89 = \mathbf{8 \text{ jours}}$$

Tableau V.11 : Dimensionnement du bassin d'aération

Paramètre	Unité	Horizon 2050
Volume totale du bassin (V)	m ³	54 688
Volume du bassin utile (V _u)	m ³	18229
Surface horizontale totale (sh)	m ²	13 672
Surface horizontale utile (Sh _u)	m ²	4 557
Hauteur (H)	m	4
Longueur (L)	m	95,46
Largeur (l)	m	47,73
Temps de séjour par temps sec (T _s)	heure	4,19
La charge en DBO _{5e} éliminée par le bassin	Kg/j	25 375,25
La charge en DBO _{5s} à la sortie du bassin (L _s)	Kg/j	1 968,75
La charge en DCO _e éliminée par le bassin	Kg/j	40 104
La charge en DCO _s à la sortie du bassin	Kg/j	10 026
La charge en MES _e éliminée par le bassin	Kg/j	24 192,81
La charge en MES _s à la sortie du bassin	Kg/j	2 688,09
La masse de boues dans le bassin (X _a)	Kg	22 776
Concentration de boues dans le bassin ([X _a])	Kg/m ³	2,5
Nombre	U	3

V.2.2.2. Dimensionnement du bassin d'anoxie :

L'installation d'un bassin d'anoxie en amont de bassin d'aération est indispensable pour un meilleur rendement d'élimination des nutriments où ce dernier nous permet d'éliminer les nitrates issus de la nitrification de l'azote dans le bassin d'aération.

a) La masse d'azote journalier à nitrifier :

La masse d'azote est calculé par :

$$N_{nit} = N_{K\text{entrée}} - N_{opr} - N_{osr} - N_{ass} - N_{NH_4 \text{ rejet}} \dots \dots \dots (V.24)$$

N_{Kentrée} : masse d'azote Kjeldahl entrant à la STEP (kg/j).

N_{opr} : masse d'azote organique particulaire réfractaire (piégée dans les boues) (kg/j) ;

$$N_{opr} = 2\% N_{K\text{entrée}}$$

N_{osr} : masse d'azote organique soluble réfractaire (rejeté) (kg/j) ; $N_{osr} = 2\% N_{K\text{entrée}}$.

N_{ass} : masse d'azote assimilée par les bactéries ; $N_{ass} = 5\%$ du flux de DBO₅ entrant (kg/j).

NH₄ rejet : masse d'azote ammoniacal rejetée avec l'eau épurée (kg/j) ;

$$\text{Avec : } [NH_4 \text{ résiduel}] = 15 \text{ mg/l}$$

D'où :

$$N_{K\text{entrée}} = 5925 \text{ kg/j}$$

N_{opr} : masse d'azote organique particulaire réfractaire (piégée dans les boues) (kg/j) ;

$$N_{opr} = N_{osr} = 2\% N_{K\text{entrée}} = 0.02 * 5925 = 118,5 \text{ kg/j}$$

$$N_{ass} = 5\% \text{ du flux de DBO}_5 = 0.05 * 27344 = 1367,2 \text{ kg/j}$$

$$NH_4 \text{ rejet} = [NH_4 \text{ résiduel}] * Q_e = (15 * 10^{-6} * 10^3) * 65625 = 984,375 \text{ kg/j}$$

$$N_{nit} = 5925 - 118,5 - 1367,2 - 984,38 = 3455 \text{ kg/j}$$

Alors la quantité d'azote à nitrifier :

$$N_{nit} = 3455 \text{ kg/j}$$

b) La masse d'azote journalier à dénitrifier :

$$N_{dénitrifié} = N_{produit} - N'_{rejet}$$

N_{produit} : masse d'azote nitrique produite (kg/j) ; $N_{produit} = [NO_3 \text{ produit}] = [N_{nit}]$

N'_{rejet} : masse d'azote nitrique rejeter (kg/j) ; Avec : $[NO_3 \text{ résiduel}] = 5 \text{ mg/l}$.

D'où :

$$N_{produit} = N_{nit} = 3455 \text{ kg/j}$$

$$N'_{rejet} = [NO_3 \text{ résiduel}] * Q_j = (5 * 10^{-6} * 10^3) * 65625 = 328,125 \text{ kg/j}$$

$$N_{dénit} = 3455 - 328,125 = 3126,875 \text{ kg/j}$$

Alors la quantité d'azote à nitrifier :

$$N_{dénit} = 3126,9 \text{ kg/j}$$

c) La quantité d'O₂ nécessaire :

La quantité théorique d'oxygène donnée par la relation :

$$Q(O_2) = 4,5 * N_{nit} - 2,85 * C' * N_{dénit} \dots \dots \dots (V.25)$$

Q(O₂) : besoin en oxygène en (kgO₂/j) ;

4,5 : Taux de conversion de l'azote ammoniacal on azote nitrique.

N_{nit} : quantité d'azote à dénitrifié.

2,85 : Taux de conversion de l'azote nitrique en azote gazeux ou azote nitrique.

N_{déni} : quantité d'azote à dénitrifié.

C : fraction de l'oxygène des nitrates récupéré par dénitrification, en moyenne 70%.

N_{nit} : quantité d'azote à dénitrifié.

$$Q(O_2) = 4,5 * 3455 - 2,85 * 0,7 * 3126,9 = 9309,34 \text{ kgO}_2/\text{j}$$

Donc : **Q(O₂) = 9 309,34 kgO₂/j**

d) La quantité horaire d'oxygène nécessaire :

$$Q(O_2)h = \frac{Q(O_2)}{24} = \frac{9309,34}{24} = 387,89 \text{ kgO}_2/\text{h} \qquad \mathbf{Q(O_2)h = 387,9 \text{ kgO}_2/\text{h}}$$

a) Volume de bassin d'anoxie :

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{N_{\text{déli}} * 1000}{\% \frac{MVS}{MES} * C_d * [MES] * 24} \dots\dots\dots(V.26)$$

C_d : Cinétique de dénitrification ; C_d = 2,6

[MES] : Concentration dans le bassin d'aération ; [MES] = 4,3 g/l

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{3126,9 * 1000}{0,7 * 2,6 * 4,3 * 24} = 16648,03 \text{ m}^3 \qquad \mathbf{V_{\text{anoxie}} = 16 648 \text{ m}^3}$$

➤ **Le volume utile par un bassin :**

$$V_u = \frac{16648}{3} \iff \mathbf{V_u = 16648 / 3 = 5549,33 \text{ m}^3} \qquad \mathbf{V_u = 5 549 \text{ m}^3}$$

➤ **La hauteur du bassin :**

Pour une hauteur de 4,5 m **H = 4,5 m**

➤ **Surface horizontale du bassin**

$$S_h = \frac{V}{H} \qquad S_h = \frac{16648}{4,5} = 3700 \text{ m}^2 \qquad \mathbf{S_h = 3 700 \text{ m}^2}$$

➤ **La surface utile par bassin**

$$S_{hu} = \frac{S_h}{3} \qquad S_{hu} = \frac{3700}{3} = 1233,33 \text{ m}^2 \qquad \mathbf{S_h = 1 233 \text{ m}^2}$$

➤ **La longueur et largeur du bassin :**

Si on prend : **L = 2 l**

$$S_{hu} = L * l = 2 * l^2 \iff l = \sqrt{\frac{S_{hu}}{2}} = \sqrt{\frac{1233}{2}} = 24,829 \text{ m} \qquad \mathbf{l = 24,83 \text{ m}}$$

$$\mathbf{L = 2l = 2 * 24,83 = 49,66 \text{ m}}$$

Tableau V.12 : Dimensionnement du bassin d'anoxie

Paramètre	Unité	Horizon 2050
Volume totale du bassin (V)	m ³	16 648
Volume du bassin utile (V _u)	m ³	5 549
Surface horizontale totale (sh)	m ²	3 700
Surface horizontale utile (Sh _u)	m ²	1 233
Hauteur (H)	m	4,5
Longueur (L)	m	49,66
Largeur (l)	m	24,83
La quantité de l'azote à nitrifier dans le bassin (N _{nit})	Kg/j	3 455
Nombre	U	3

V.2.2.3. Dimensionnement du clarificateur : (décanteur secondaire) :

Le clarificateur a pour but la séparation de l'eau et les boues. L'eau épurée est destinée vers le traitement tertiaire ou vers le milieu naturel, les boues déposées dans le clarificateur sont en partie recyclées vers le bassin d'aération, ou évacuées vers les installations de traitement de boues pour le cas des boues en excès (épaississement, déshydrations). [25]

On opte pour un décanteur de forme circulaire, les principes de calcul du décanteur sont :

- La charge superficielle (la vitesse ascensionnelle $V_{as} = 0,1$ à $1,25$ m/h), on prend

$$V_{as} = 1,2 \text{ m/h.}$$

- Le temps de séjour $t_s = 2$ à 3 h, on prend $t_s = 2\text{h}$.

- La hauteur du clarificateur $H = 3$ m.

a) La surface totale du clarificateur :

$$S = \frac{Q_{pts}}{v_{as}} \quad S = 4348 / 1,2 = 3\,623,33 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad S = 3\,623,33 \text{ m}^2$$

b) La surface unitaire du bassin :

$$S_u = S/3 \quad S_u = 3\,623,33 / 3 = 1207,78 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad S_u = 1\,208 \text{ m}^2$$

c) Le volume totale du bassin :

$$V = Q_{pts} * t_s \quad V = 4348 * 2 = 8696 \text{ m}^3 \quad \Rightarrow \quad V = 8\,696 \text{ m}^3$$

d) Le volume unitaire du bassin :

$$V_u = V/3 \quad V_u = 8696 / 3 = 2\,898,68 \text{ m}^3 \quad \Rightarrow \quad V_u = 2\,898,68 \text{ m}^3$$

e) **Diamètre du clarificateur :**

Pour chaque clarificateur $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Vu}{\pi \cdot H}} = 35,08 \text{ m} \implies D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2898,68}{3,14 \cdot 3}} = 35,08 \text{ m}$

Tableau V.13 : Résultats de calcul du clarificateur à faible charge

Paramètre	Unité	Horizon 2050
Nombre	-	3
Débit de pointe en temps sec (Q _{pts})	m ³ /h	4 348
La vitesse ascensionnelle (v _{as})	m/h	1,2
La surface unitaire (S _u)	m ²	3 623,33
Le volume unitaire (V _u)	m ³	1 208
Le diamètre pour chaque bassin (D)	m	35,08
La hauteur (H)	m	3
Le temps de séjour	h	2

V.2.3. Traitement tertiaire

On entend par "traitement tertiaire", tout traitement physique, chimique ou biologique qui vient suppléer les traitements primaire et secondaire.

Dans le cas des rejets en rivière, ils se limitent à la désinfection l'élimination de l'azote et du phosphore.

Dans notre cas, le procédé proposé est basé sur microfiltration par disque et la désinfection par procédé rayonnement ultraviolets.

V.2.3.1. Dimensionnement l'ouvrage de filtre à disque :

a) **Le volume de l'ouvrage de filtration :**

$$V = \frac{Q_{moy.h}}{60} * T_s \dots\dots\dots (V.27)$$

Avec :

T_s : Temps de séjour (min) ; T_s = 3 min.

Donc :

$$V = \frac{2735}{60} * 3 = 136,75 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V = 136,75 \text{ m}^3$$

b) **Le volume utile de l'ouvrage de filtration :**

$$V_u = V/2 \qquad V_u = 136,75/2 = 68,38 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_u = 68,38 \text{ m}^3$$

c) **La surface de l'ouvrage de filtration :**

$$S = \frac{Q}{v_f} \dots\dots\dots (V.28)$$

Avec :

Vf : vitesse de filtration (m/h) ; avec Vf = 3 m/h.

Donc :

$$S = \frac{2735}{3} = 911,67 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S = 911,67 \text{ m}^2$$

d) La surface utile de l'ouvrage de filtration :

$$S_u = V/2 \quad S_u = 911,67/2 = 455,84 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S_u = 455,84 \text{ m}^2$$

e) Calcul la concentration de [MES] éliminé :

La concentration de **MES** entrée dans le filtre par disque est égale à 30 mg/l alors que la concentration de sortie après le traitement par filtre a disque est **10 mg/l**.

$$[MES]_e = 30 \text{ mg/l} \qquad \qquad \qquad \rightleftharpoons \qquad \qquad \qquad [MES]_s = 10 \text{ mg/l}$$

Tableau V.14 : Dimensionnement l'ouvrage du filtre a disque

Paramètre	Unité	Horizon 2050
Volume totale de l'ouvrage de filtration (V)	m ³	136,75
Volume utile de l'ouvrage de filtration (Vu)	m ³	68,38
Surface totale de l'ouvrage de filtration (s)	m ²	911,67
Surface utile de l'ouvrage de filtration (Su)	m ²	455,84
[MES] entrant	mg/l	30
[MES] Sortant	mg/l	10
Nombre	U	2

V.2.3.2. Désinfection par les lampes UV :

L'eau potable et les eaux usées doivent être désinfectées pour respecter les normes de la charge microbienne.

L'objectif principal de la désinfection est de réduire la concentration des agents pathogènes (bactéries, virus et protozoaires) dans l'eau.

a) Le calcul de la dose moyenne :

$$\text{Dose UV} = \frac{I}{UVT} * t \dots\dots\dots (V.29)$$

I : l'intensité des UV

UVT : la transmissivité des UV (mesure de la quantité du rayonnement UV qui peut pénétrer dans l'eau traitée).

t : le temps d'exposition aux UV

La dose selon les essais biologiques et expérimentales est :

$$\text{Dose UV} = 26 \text{ mj/cm}^2 \text{ est validé.}$$

a) Espacement des lampes :

L'espacement standard actuel des lampes est de 75 mm

1. Longueur effective de l'arc de la lampe ; elle est généralement de 147 cm
2. Diamètre du tube en quartz ; il est généralement entre 23 et 25 mm

b) Module UV :

Nombre total d banques : **02 banques.**

Nombre module par banque : **08 module/banque.**

Nombre de lampes par module : **08 lampes/module.**

Nombre total de lampes UV : **128 lampes UV.**

Puissance absorbée maximale (KW) : **32 KW.**

c) Canal des UV :

Nombre des canaux : **02 canal.**

Longueur approximative du canal requise en (m) : **7 m**

Largeur de canal basée sur le nombre de module UV (mm) : **813 mm**

Profondeur de canal recommandée pour l'accès au module UV (mm) : **1575 mm**

La perte de charge admissible à travers un canal : entre **50 et 60 mm, 12-15 mm par banc.**

Tableau V.15 : Résultats de calcul du la désinfection par procédé UV

Paramètre	Unité	Horizon 2050
La dose moyenne UV	mj/cm ²	26
Espacement des lampes UV	mm	75
Module UV	U	2
Canal	U	2

V.2.3.3. Qualité d'eau après le traitement tertiaire :

Selon la note informative, la qualité de l'eau après le traitement tertiaire est de :

[DCO] = 90 mg/l ;

[DBO₅] = 15 mg /l ;

[MES] = 10 mg/l ; Coliformes fécaux : < 100 UFC/100 ml ; Nématodes intestinaux : absence.

V.2.4. Traitement des boues :

Le traitement des boues a pour but de diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible, les boues sont le déchet normal des processus d'épuration des eaux usées. Il s'en produit entre 2 à 4 grammes par litre d'eau traitée. Une ville de 10 000 habitants qui rejetterait 2 000 m³ d'eau par jour, produirait entre 4 et 8 tonnes, c'est-à-dire presque autant de mètre cube de boues par jour, cela représenterait un volume compris entre 1 500 et 3 000 m³ de boues par an ... si elles ne perdaient pas du volume et du poids en perdant de l'eau.

Les ratios de production de boues sont de 30 à 500 g de matière sèches (MS) par EH et par jour (gMS/EH/j). [24]

1) Choix de la filière de traitement :

Ce choix repose sur plusieurs facteurs :

- Origine des boues
- Composition des boues
- Surface requise
- Economie de l'installation. [25]

2) L'épaississement :

Le premier stade de déshydratation permet de réduire un volume important des boues. L'épaississeur gravitaire le plus utilisé est soumis à la seule action de la force de gravité, il consiste en une décantation des boues humides dans une cuve cylindrique à fond conique qui est équipé d'un racleur à agitation lente, pour faciliter le glissement des boues vers le bas. Les boues en excès sont pompées vers un ouvrage d'épaississement via une conduite de refoulement à partir de la fosse à boue où elles seront introduites au centre de l'ouvrage dans une jupe de réparation. [25]

V.2.4.1. Dimensionnement de l'épaississeur à faible charge :

Il reçoit les boues issues du décanteur secondaire. La production journalière des boues est :

a) Boues issues du décanteur secondaire (Δx_s) :

Elles représentent les boues en excès : $\Delta x_s = \Delta x = 17\,311,52 \text{ kg/j}$

b) Concentration des boues (x_s) :

Boues secondaire (10 à 30) g/l

c) Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($Q_{\Delta x_s}$) :

$$Q_{\Delta x_s} = \frac{\Delta x_s}{\Delta x} = Q_{\text{excès}} = 17311,52 / 30 = 577,051 \text{ m}^3/\text{j}$$

d) Le volume de l'épaisseur (V_e) :

$$V_e = Q_{\Delta x_s} * t_s$$

t_s : Temps de séjour $t_s = 2$ à 10 j, on prend $t_s = 3$ j

$$\Rightarrow V_e = 577,051 * 3 = 1\,731,153 \text{ m}^3$$

e) Surface de l'épaisseur (S_e) :

$$S_e = \frac{V_e}{H}$$

H : Hauteur de l'ouvrage $H = 3$ à 4 m, on prend $H = 3,5$ m

$$\Rightarrow S_e = 1\,731,153 / 3,5 = 494,62 \text{ m}^2$$

f) Diamètre de l'épaisseur (D) :

$$S_e = \sqrt{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad \Rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 * S_e}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 494,62}{3,14}} = 25,10 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad D = 25,10 \text{ m}$$

g) La hauteur du cône :

La hauteur du cône de l'épaisseur sera définie par :

$$H_c = \text{diamètre} * 0,15 = 25,10 * 0,15 = 3,77 \text{ m}$$

h) Volume du cône :

$$\text{Volume du cône} = S_e * \text{Hauteur de cône} / 3$$

$$\text{Volume du cône} = 494,62 * 3,77 / 3 = 621,57 \text{ m}^3$$

3) Déshydratation :

La déshydratation des boues constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues.

3.1) Déshydratation naturelle :

Le système consiste à sécher les boues à l'air libre sur des lits de séchage drainés. On admet généralement une surface de 1 m^2 pour $2,5$ EH. C'est un procédé simple, nécessitant une importance main d'œuvre et une grande surface de terrain. Les lits de séchages comportent un massif drainant constitué de sable et de mâchefer. L'épaisseur du massif est voisine de $0,3$ m. Les boues admises sur le lit de séchage sont réparties sur épaisseur de $0,2$ à $0,3$ m. les eaux d'égouttage sont collectées par des drains et renvoyées en tête de la station. [29]

3.2) Déshydratation mécanique :

Cette technique permet de réduire la teneur en eau des boues à un taux compris entre 45 et 85 %. Les moyens de déshydratation mécanique les plus utilisés sont :

- Filtration sous vide ;

- Filtration sous pression (filtre à bande et filtre presse) ;
- Centrifugation. [26]

4) Stabilisation des boues :

Le traitement de stabilisation est indispensable afin d'assurer la réduction de leur pouvoir fermentescible.

Il existe divers types de stabilisation des boues :

- Stabilisations biologique aérobie ou anaérobie ;
- Stabilisation chimique (ajout de flocculant tels que le chlorure ferrique, utiliser avec de la chaux) ;
- Stabilisation thermique ;

➤ Pour notre cas, on opte pour la déshydratation mécanique par centrifugeuse

- La quantité de boues extraites de l'épaississeur vers la déshydratation : **577,051 m³/j**
- Siccité après déshydratation (S_F) : **20 %**
- Quantité de boue à traiter par jour : **17 311,52 kg/j**

➤ **Quantité de boue à traiter par heure :**

Durée de fonctionnement retenue : **T = 8 h/j.**

$$\Delta X_{t,h} = \Delta X_t / T = 17311,52 / 8 = \mathbf{2\ 163,94\ kg/h.}$$

- **La quantité de boues extraites de déshydratation :**

$$Q_b = \Delta X_t / S_F \dots\dots\dots (V.30)$$

ΔX_t : Quantité de boue à traiter par jour (**kg/j**) ; S_F : Siccité des boues (**%**) ;

On prend $S_F = 20\%$

$$\text{Donc : } Q_b = 17311,52 / (10^3 * 0,20) = 86,56\ m^3/j \qquad \qquad \qquad \mathbf{Q_b = 86,56\ m^3/j}$$

V.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons dimensionnés les différents ouvrages de la station d'épuration d'agglomération de Béchar pour l'horizon 2050.

Le procédé choisi pour traiter les eaux résiduaires de cette zone est :

- Prétraitement : (dégrilleur et dessableur-déshuileur)
- Traitement secondaire : (bassin d'aération, bassin d'anoxie et clarificateur)
- Traitement tertiaire : (filtre à disque, désinfection par UV et un épaississeur)

Chapitre VI :

Calcul Hydraulique

VI.1. Introduction

Le calcul hydraulique consiste à déterminer le dimensionnement des différentes conduites de rejet, conduite de BY-PASS, conduite de fuite, les caractéristiques dimensionnelles des collecteurs reliant les ouvrages de la station ainsi que le déversoir d'orage et station de relevage. D'où on peut faire profil hydraulique de la station a pour but de déterminer les différents niveaux d'eau dans les différents ouvrages ainsi la ligne piézométrique le long de la station.

VI.2. Station de relevage

La station de relevage projetée est composée de :

- Ouvrage de réception (ouvrage d'arrivé)
- Canalisation de by-pass
- Fosse à batard
- Poste de pompage
- Conduite de refoulement vers la STEP

VI.2.1 Ouvrage d'arrivé (arrive des eaux)

Le réseau d'assainissement de la ville de Béchar est de type pseudo-séparatif, la conduite d'amenée gravitaire $D = 1200$ mm en PEHD depuis le regard de collecte réaliser au niveau de point de rejet actuel vers l'ouvrage de réception de la station de relevage projetée.

VI.2.1.1 Calcule la longueur de la lame déversant :

$$Q_{dév} = m * L * 2g * h^{(3/2)} \dots\dots\dots(VI.1)$$

$Q_{dév}$: débit au-dessus de seuil (m^3/s)

L : longueur du seuil (m)

h : hauteur d'eau au-dessus du seuil (m)

m : coefficient dépendant de la forme de seuil

$$L = \frac{Q_{dév}}{m * 2g * h^{\frac{3}{2}}} \qquad L = \frac{1,208}{0,38 * 2 * 9,81 * 0,2^{\frac{3}{2}}} = 1,81 \text{ m} \qquad L = 1,81 \text{ m}$$

VI.2.1.2 Calcule de la hauteur normale :

Les dimensions caractéristiques de la section pour le bief du fossé considéré sont déterminées de manière que la vitesse soit admissible et que le débit calculé soit égal au débit à évacuer.

Pour un écoulement à surface libre lentement varié on peut admettre que le régime est uniforme sachant que pour un écoulement turbulent on utilise la formule de Chézy :

$$V = C * \sqrt{R_h} * I \dots\dots\dots(VI.2)$$

Avec :

V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) ;

C : Coefficient de Chézy ($\sqrt{m/s^2}$) ;

R_h : Rayon hydraulique (m) ;

I : La pente du fond de canal (m/m) ;

Le débit est calculé aux moyennes de la formule de Manning Strickler

$$Q = S * V = S * C * \sqrt{R_h} * \sqrt{I} \dots\dots\dots(VI.3)$$

Avec :

Q : Débit (m³/s) ; Q = 417 m³/s Q = 0,115 l/s

S : Section mouillée (m²) ;

C : Coefficient de Chézy ($\sqrt{m/s^2}$) ;

R_h : Rayon hydraulique (m) ;

I : La pente (m/m) ; I = 2%.

Le coefficient de Chézy est déterminé par la méthode :

Formule de Manning-Strickler :

$$C = K_s * R_h^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(VI.4)$$

Avec :

K_s : Coefficient de Strickler (m^{1/3}S⁻¹) ;

n : Coefficient de Manning (m^{-1/3}S¹) ;

Donc : $Q = \frac{R_h^{\frac{1}{3}} * I^{\frac{1}{2}} * S}{n}$

Tableau VI.1 : La rugosité en fonction de type de revêtement (SI)

Caractéristiques du lit ou du revêtement	Valeurs de n ($S/m^{1/3}$)
Canal avec revêtement en béton relativement brut	0,014
Canal en terre mal entretenus	0,030
Canal en maçonnerie	0,020
Canal en gabions remplis de matériaux de carrière	0,027
Canal en matelas Reno remplis de matériaux de carrière	0,025

Dans notre cas $n = 0,014 \text{ s/m}^{1/3}$

Tableau VI.2 : Eléments géométriques pour une section trapézoïdale

Elément	Section S (m^2)	Périmètre Mouillé P(m)	Rayon hydraulique Rh (m)	Largeur au mirror B(m)	Profondeur hydraulique Dh
Formule De calcul	$(b + mh) h$	$B+2h\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{(b + mh)h}{B + 2h\sqrt{1 + m^2}}$	$B+2mh$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2mh}$

Les formules de Chézy, Manning-Strickler peuvent s'écrire, respectivement

Avec : $\frac{1}{n} = 71,4285714 \text{ m}^{1/3}\text{S}^{-1}$ $\frac{Q}{\sqrt{I}} = 45,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau VI.3 : Résultats de calcul de la formule de Chézy, Manning-Strickler

h	b	S (b*h)	P = (b+2h)	R = S/P	$C = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}}$	$C*S*R_h$
0,1	3	0,3	3,2	0,09	14,74	1,35
0,2	3	0,6	3,4	0,18	22,47	5,66
0,3	3	0,9	3,6	0,25	28,35	12,76
0,4	3	1,2	3,8	0,32	33,12	22,34
0,5	3	1,5	4	0,38	37,14	34,12
0,51	3	1,53	4,02	0,38	37,51	35,41
0,52	3	1,56	4,04	0,39	37,88	36,72
0,53	3	1,59	4,06	0,39	38,23	38,04
0,54	3	1,62	4,08	0,40	38,59	39,39
0,55	3	1,65	4,1	0,40	38,93	40,75

0,56	3	1,68	4,12	0,41	39,28	42,14
0,57	3	1,71	4,14	0,41	39,62	43,54
0,58	3	1,74	4,16	0,42	39,95	44,96
0,59	3	1,77	4,18	0,42	40,28	46,39
1,5	3	4,5	6	0,75	58,96	229,79
1,6	3	4,8	6,2	0,77	60,22	254,35

On a :

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = C * S \sqrt{R_h} = S * \frac{1}{n} * R h^{\frac{2}{3}} = S * K_S * R h^{\frac{2}{3}} = f(h)$$

Alors pour obtenir la valeur de h_n , on doit fixer la largeur du fond ($b = 1\text{ m}$) et on calcule pour différentes valeurs de h , $f(h)$ jusqu'à $f(h) = \frac{Q}{\sqrt{I}}$ le pas de variation de h est petit

D'après les calculs on constate que la hauteur normale est de 0,59 m

Tableau VI.4 : Résultats de dimensionnement de l'ouvrage de réception

Paramètre	Unité	Horizon 2050
La longueur de la lame déversant	m	1,57
Hauteur du seuil	m	0,2
La largeur du déversoir	m	4,6
La longueur du déversoir	m	4
Hauteur du déversoir	m	2

VI.2.2. Dimensionnement fosse à batard :

Les eaux usées qui arrivent au niveau de la station passent par une fosse à batard qui a pour rôle d'éliminer les déchets de tailles importantes (gros cailloux, branches, etc.)

Le volume de la fosse est calculé par la formule :

$$V = Q_{pts} * T_s \dots \dots \dots (VI.5)$$

Avec :

- $Q_{pts} = 4\,348 \text{ m}^3/\text{h}$
- $T_s = 30 \text{ s}$

$$V = (4348 / 3600) * 30 = 36,23 \text{ m}^3$$

$$V = 36,23 \text{ m}^3$$

a) La surface de la fosse est calculée par la formule :

$$S = \frac{Q_{pts}}{Ch} \dots\dots\dots(VI.6)$$

Avec :

- $Q_{pts} = 4\,348 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Ch = 150 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

$$S = \frac{4348}{150} = 28,99 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{S = 29 \text{ m}^2}$$

b) La hauteur de la fosse :

On fixe $H = 2 \text{ m}$

c) La longueur et largeur de la fosse :

$$S = L * l \qquad \qquad \qquad L = l = \sqrt{29} = 5,4 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{L = l = 5,4 \text{ m}}$$

d) Le volume totale de la fosse :

$$V_u = H * L * l \qquad \qquad \qquad V_u = 2 * 5 * 6 = 60 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{V_u = 60 \text{ m}^3}$$

e) Le volume utile de la fosse :

$$V_u = V_t - V_b$$

- $V_b = 5 \text{ m}^3$

$$V_u = 60 - 5 = 55 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{V_u = 55 \text{ m}^3}$$

f) La charge hydraulique :

$$Ch = \frac{Q_{pts}}{S}$$

$$Ch = \frac{4348}{5,4 * 5,4} = 149 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} \qquad \qquad \qquad \mathbf{Ch = 149 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}}$$

g) Le Temps de séjour :

$$T_s = \frac{V_u}{Q_{pts}} \qquad \qquad \qquad T_s = \frac{55}{\frac{4348}{3600}} = 45 \text{ s} \qquad \qquad \qquad \mathbf{T_s = 45 \text{ s}}$$

VI.2.3. Dimensionnement station de relevage

a. Le volume de régulation :

$$V_r = \frac{Q_r}{4 * n * d} \dots \dots \dots (VI.7)$$

Avec :

V_r : volume de régulation (m^3) ;

Q_r : Débit à relever ; $Q_r = Q_{pts} = 4348 \text{ m}^3/h$

d : nombre de démarrage par heure ; 6 h

n : nombre de pompe en fonctionnement ; ($N = 2$)

$$V_r = \frac{4348}{4 * 3 * 6} = 60,39 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_r = 60,39 \text{ m}^3$$

b. Le volume mort :

$$V_m = Q_r * T \dots \dots \dots (VI.8)$$

V_m : volume mort

T : temps de remplissage ; $T = 30 \text{ s}$

$$V_m = (4348/3600) * 30 = 36,23 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_m = 36,23 \text{ m}^3$$

c. Le volume totale de la bache :

$$V_t = V_r + V_m$$

$$V_t = 60,39 + 36,23 = 96,62 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_t = 96,62 \text{ m}^3$$

d. La hauteur utile (H_u) :

$$H_u = \text{niveau haut d'aspiration} - \text{niveau bas d'aspiration} = 738,52 - 736,92 = 1,6 \text{ m}$$

e. La surface utile (S_u) :

$$S_u = V_t / H_u = 96,62 / 1,6 = 60,39 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S_u = 60,39 \text{ m}^2$$

VI.2.3.1 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement :

La conception de la conduite de refoulement dépend principalement de la vitesse d'écoulement.

- $v < 2$ m/s (les pertes de charge deviennent très importantes) ;
- $v < 0,6$ m/s (il y a risque de sédimentation et d'encrassement de la canalisation, ce qui crée des réductions de la section et augmentant les pertes de charge). [29]

Le diamètre de la conduite de refoulement est calculé de façon à avoir une vitesse de circulation proche de 1 m/s lors de pompage. [29]

$$Q = v * S \dots \dots \dots (VI.9)$$

Avec :

Q : Débit circulé dans la conduite en (m³ /s)

v : vitesse de refoulement (m/s)

S : surface en (m)

Soit : $v = 1,31$ m/s $\Leftrightarrow Q = S * v = \frac{\pi * D^2 * v}{4} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 * 1,208}{3,14 * 1,31}} = 1,083$ mm
 $D = 1,083$ m = 1083 mm.

Le diamètre normalisé : **D_N = 1000 mm** .soit de type PEHD PN 10 bars de diamètre extérieur.

VI.2.3.2. Caractéristiques des pompes :**a. Débit de pompage :**

Le débit de pointe temps à l'amont du poste de refoulement est de 1208 L/s donc le débit de pompage est de 1208 L/s.

b. Calcule la hauteur manométrique totale de la pompe (HMT) :

$$H_{MT} = H_g + \Delta H \dots \dots \dots (VI.10)$$

H_g : Hauteur géométrique (m)

ΔH : Perte de charge (m)

g : Accélération de pesanteur $9,81 \text{ m/s}^2$;

HMT : Hauteur manométrique total (m) ;

Q : Débit de pointe (m^3/s) ;

η_G : Rendement global ($\eta_G = R_h * R_e$) (en eaux usées, les rendements hydraulique (R_h) varie entre 0,6 et 0,7 ; Le rendement électrique (R_e) est 0,85).

En prend $R_h = 0,65$.

$$\Rightarrow P_a = (1000 * 9,81 * 1,208 * 13,74) / (0,65 * 0,85) = 294\,706,96 \text{ W} = \mathbf{294,706 \text{ KW}}$$

d) Les caractéristiques des pompes choisies

Les critères pour le choix des pompes sont :

- Hauteur manométrique et le débit de pompage.

Dans ce cas : on a

- HMT = 13,74 m et $Q_p = 1208 \text{ L/s}$.

Pour un bon fonctionnement, on adopte des pompes immergées. On choisit deux pompes fonctionnantes alternativement et avec une pompe de secours.

Tableau VI.5 : Résultats de dimensionnement de la station de relevage

Élément de la station	Caractéristique	Unité	Valeur
Refolement eaux usées	Nombre de conduites	-	3
	Matériau	-	PEHD
	D_N	mm	1000
	Débit d'écoulement	L/s	1208
	Longueur	m	1700
Groupes de pompage eaux usées	Nombre de pompe	-	2
	Débit de la pompe	L/s	1208
	HMT d'une pompe	m	13,74
Bâche d'aspiration eaux usées	Volume utile	m^3	96,62
	Surface utile	m^2	60,39
	Hauteur utile	m	1,6

VI.3. Profil hydraulique

VI.3.1. Cotes du terrain des zones d'implantation des ouvrages :

Les cotes sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau VI.6 : Cote du terrain naturel des points d'implantation des ouvrages

Désignation des ouvrages		Côte terrain naturel TN (m)
Dégrilleur		733
Dessableur – déshuileur		733
Bassin d'aération		733
Bassin d'anoxie		733
Clarificateur		733
Bassin désinfection	Filtre a disque	733
	Procédé ultra-violet	

VI.3.2. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages

de la station d'épuration :

Calcul les parte de charge dans les conduites par la formule de **DARCY WEISBACH**.

$$\Delta H_T = 8 \lambda \frac{L \cdot Q^2}{\pi^2 g D^2} = C_{PA} - C_{PB} \dots \dots \dots (VI.13)$$

Avec :

ΔH_T : la perte de charge totale (m) ;

L : Longueur de la conduite (m) ;

Q : Le débit au temps sec ;

D : Diamètre de la conduite (m) ;

λ : Coefficient perte de charge

C_{PA} : Côte du plan d'eau au point A (m) ;

C_{PB} : Côte du plan d'eau au point B (m) ;

VI.3.2.1. Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

Pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charge singulière :

$$L_{eq} = 1,15 * L_{réelle}$$

Toutes les canalisations seront dimensionnées de façon qu'on leur impose une pente de 1,2% pour un bon écoulement de l'eau et assurer l'outocurage minimale de 0,6 m/s et éviter l'abrasion pour les vitesses supérieure à 5 m/s.

Les longueurs sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau VI.7 : Longueur de chaque tronçon

Ouvrage	L _{réelle} (m)	L _{eq} (m)
Dégrilleur -(Dessableur-déshuileur)	12	13,8
(Dessableur –Déshuileur) – Bassin d'aération	28	32,2
Bassin d'aération – bassin d'anoxie	6	6,9
Bassin d'anoxie – Clarificateur	20	23
Clarificateur – bassin désinfection	75	86,25
Bassin désinfection – comptage eau traité	15	17,25

VI.3.2.2. Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages ainsi que les pertes de charge

➤ Conduite dégrilleur – dessableur :

Q_{pts} = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$L_{eq} = 13,8 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\epsilon}{D})^{-2}$$

Puisque le béton à une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{13,8 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = 0,033 \text{ m}$$

➤ Conduite dessableur – bassin d'aération :

Q_{pts} = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$L_{eq} = 32,2 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\epsilon}{D})^{-2}$$

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{32,2 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = \mathbf{0,078 \text{ m}}$$

➤ **Conduite bassin d'aération – bassin d'anoxie :**

Qpts = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$\text{Leq} = 13,8 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$$

Puisque le béton à une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{13,8 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = \mathbf{0,017 \text{ m}}$$

➤ **Conduite bassin d'anoxie– clarificateur :**

Qpts = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$\text{Leq} = 23 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$$

Puisque le béton à une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{13,8 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = \mathbf{0,055 \text{ m}}$$

➤ **Conduite clarificateur – bassin désinfection :**

Qpts = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$\text{Leq} = 86,25 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$$

Puisque le béton à une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{13,8 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = \mathbf{0,2 \text{ m}}$$

➤ **Conduite bassin désinfection – milieu récepteur :**

Qpts = 1,208 m³/s et d'après l'abaque de bazin (II) on aura : D = 1000 mm

$$\text{Leq} = 23 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$$

Puisque le béton à une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,02$$

$$\Delta H = 8 * 0,02 \frac{13,8 * 1,208^2}{3,14^2 * 9,81 * 1^2} = 0,059 \text{ m}$$

VI.3.3. Calcul des côtes piézométriques des différents ouvrages :

Pour calculer les coté piézométriques on utilisera la formule de Bernoulli qui est donnée par :

$$P_1 / \rho * g + v_1 / 2g + Z_1 = P_2 / \rho * g + v_2 / 2g + Z_2 + \Delta H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.14)$$

Avec :

$P_1 / \rho * g$ et $P_2 / \rho * g$: Energies de pression dans les sections (1) et (2) ;

$v_1 / 2g$ et $v_2 / 2g$: Energies cinétiques en (1) et (2) ;

Z_1 et Z_2 : Côte des points (1) et (2) ;

ΔH_{1-2} : Pertes de charges dans le tronçon (1-2).

La variation de la vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées, d'où l'équation (VI.3) :

$$P_1 / \rho * g + Z_1 = P_2 / \rho * g + Z_2 + \Delta H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.14)$$

On pose $P_1 / \rho * g = H_1$ et $P_2 / \rho * g = H_2$

Donc : $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$

$C_{P1} = H_1 + Z_1$: Côte piézométrique au point (1) ;

$C_{P2} = H_2 + Z_2$: Côte piézométrique au point (2).

$$C_{P1} = C_{P2} + \Delta H_{1-2}$$

VI.3.3.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les côtes piézométriques :

➤ Côte piézométrique du dégrilleur :

On a $Z_d =$ côte terrain du radier = 732,6 m

La hauteur d'eau dans le dégrilleur est de $H_d = 0,9$ m

D'où $C_{pd} = Z_d + H_d = 732,6 + 0,9 = 733,5$ m

$C_{pd} = 733,5$ m

➤ **Côte piézométrique du dessableur – déshuileur :**

La hauteur d'eau dans le dessableur –déshuileur est de $H_{d-d} = 2$ m

$$H_d + Z_d = H_{d-d} + Z_{d-d} + \Delta H_{d-dd}$$

$$Z_{d-d} = H_d + Z_d - H_{d-d} - \Delta H_{d-d-d}$$

$$Z_{d-d} = 0,9 + 732,6 - 2 - 0,033 = 731,47 \text{ m}$$

$$Z_{d-d} = 731,47 \text{ m}$$

$$Cp_{d-d} = Z_{d-d} + H_{d-d} = 731,47 + 2 = 733,47 \text{ m}$$

$$Cp_{d-d} = 733,47 \text{ m}$$

➤ **Côte piézométrique du bassin d'aération :**

La hauteur d'eau dans le bassin d'aération est de $H_{BA} = 4$ m

$$H_{d-d} + Z_{d-d} = H_{BA} + Z_{BA} + \Delta H_{dd-BA}$$

$$Z_{BA} = H_{d-d} + Z_{d-d} - H_{BA} - \Delta H_{dd-BA}$$

$$Z_{BA} = 2 + 731,47 - 4 - 0,078 = 729,39 \text{ m}$$

$$Z_{BA} = 729,39 \text{ m}$$

$$Cp_{BA} = Z_{BA} + H_{BA} = 729,39 + 4 = 733,39 \text{ m}$$

$$Cp_{BA} = 733,39 \text{ m}$$

➤ **Côte piézométrique du bassin d'anoxie :**

La hauteur d'eau dans le bassin d'anoxie est de $H_{BA'} = 4$ m

$$H_{BA} + Z_{BA} = H_{BA'} + Z_{BA'} + \Delta H_{BA-BA'}$$

$$Z_{BA'} = H_{BA} + Z_{BA} - H_{BA'} - \Delta H_{BA-BA'}$$

$$Z_{BA'} = 4 + 729,39 - 4 - 0,017 = 729,37 \text{ m}$$

$$Z_{BA'} = 729,37 \text{ m}$$

$$Cp_{BA'} = Z_{BA'} + H_{BA'} = 729,37 + 4 = 733,37 \text{ m}$$

$$Cp_{BA'} = 733,37 \text{ m}$$

➤ **Côte piézométrique du clarificateur :**

La hauteur d'eau dans le clarificateur est de $H_C = 3$ m

$$H_{BA'} + Z_{BA'} = H_C + Z_C + \Delta H_{BA'-C}$$

$$Z_C = H_{BA'} + Z_{BA'} - H_C - \Delta H_{BA'-c}$$

$$Z_C = 4 + 729,37 - 3 - 0,055 = 730,32 \text{ m}$$

$$Z_C = 730,32 \text{ m}$$

$$C_{pC} = Z_C + H_C = 730,32 + 3 = 733,32 \text{ m}$$

$$C_{pC} = 733,32 \text{ m}$$

➤ **Côte piézométrique du bassin de désinfection :**

La hauteur d'eau dans le bassin désinfection est de $H_{Bd} = 3 \text{ m}$

$$H_C + Z_C = H_{Bd} + Z_{Bd} + \Delta H_{C-Bd}$$

$$Z_{Bd} = H_C + Z_C - H_{Bd} - \Delta H_{C-Bd}$$

$$Z_{Bd} = 3 + 730,32 - 3 - 0,2 = 730,12 \text{ m}$$

$$Z_{Bd} = 730,12 \text{ m}$$

$$C_{pBd} = Z_{Bd} + H_{Bd} = 730,12 + 3 = 733,12 \text{ m}$$

$$C_{pBd} = 733,12 \text{ m}$$

Tableau VI.8 : Récapitulatif des différentes côtes des ouvrages de la STEP

Désignation	Côte terrain (m)	Côte radier (m)	Hauteur d'eau (m)	ΔH (m)	Côte piézométrique (m)
Dégrilleur	733	732,6	0,9	0,033	733,5
Dessableur – Déshuileur	733	731,47	2	0,078	731,47
Bassin d'aération	733	729,39	4	0,017	733,39
Bassin d'anoxie	733	729,37	4	0,055	733,37
Clarificateur	733	730,32	3	0,2	733,32
Bassin de désinfection	733	730,12	3	0,042	733,12

VI.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a effectué le calcul hydraulique de la station d'épuration dont le profile hydraulique de la station d'épuration et le dimensionnement des équipements et ouvrages hydrauliques nécessaire pour le fonctionnement de la chaine d'épuration comme :

- Ouvrage de réception
- Fosse a batard
- Bâche station de relevage
- Les conduites qui relie les ouvrages de traitement
- Les cotes terrains naturels des différents ouvrages dans la station
- Calculer les pertes de charge et les côtes piézométriques dans chaque ouvrage.

La station de relevage et sa conduite de refoulement ont été dimensionnées par rapportaux rejets domestiques de pointe $Q = 1208 \text{ L/s}$.

Chapitre VII :

Gestion d'exploitation de la
station d'épuration

VII.1. Introduction

Le fonctionnement et l'efficacité de la station d'épuration est relié directement à la maintenance et les entretiens quotidien qui doivent être effectué régulièrement pour le but de la protection des différents équipements de la station

VII.2. La gestion de la station d'épuration

La gestion de la STEP est l'ensemble des techniques et moyens faire par des techniciens et des agents pour le bon fonctionnement de la station.

VII.3. Les objectifs de la gestion de la STEP

- ✓ Connaître les exigences réglementaires ;
- ✓ Connaître les responsabilités du gestionnaire ;
- ✓ Connaître les techniques du traitement de l'eau, des boues et de l'air ;
- ✓ Connaître les contraintes et solution d'élimination des sous-produits ;
- ✓ Savoir réaliser et exploiter un bilan de fonctionnement d'une STEP.

VII.4. Le chef d'exploitation de la station d'épuration

C'est le responsable général de la station, il est responsable de :

- ✓ Assure de l'application des procédures et règles sécurité, d'hygiène, qualité et environnement ;
- ✓ Contrôle le fonctionnement des installations et des équipements ;
- ✓ Vérifie l'exploitation et détecte les causes de non-conformité des produits entrants ou sortants, eaux, boues, déchets... ;
- ✓ Détermine les évolutions de procédure, méthodes, consigne et modes intervention et suit leur mise en œuvre.

VII.5. Moyens et techniques d'exploitation de la station d'épuration

Le tableau suivant explique comment les gens et les techniciens faire pour le bon fonctionnement de la station d'épuration :

Tableau VII.1 : Les rôles des personnes dans la STEP

Personnels	Rôles
Le chef de la station	Tache administrative (organisation du personnel)
Technicien de laboratoire	Responsable sur les analyses et l'échantillonnage
Electromécanicien	Dépannage de toutes les filières (eau et boues) peut devenir chef d'exploitation d'une filière sophistiquée
Des ouvriers	Entretiens des filières simples
Agent d'exploitation	Entretien des filières simples
Des gardiens	Assurent la sécurité de la STEP 24/24 h

VII.6. L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration

**Figure VII.1** : L'entretien d'un bassin d'une STEP

VII.6.1. L'entretien du dégrilleur

Tableau VII.2 : L'entretien du dégrilleur

Entretien	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nettoyage journalier de la grille manuelle ; ✓ Mise en stockage en conteneur à ordures ou bac approprié après égouttage préalable.
Suivi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrôle visuel journalier des équipements électromécaniques ; ✓ Inspection journalier de la quantité de déchets retenus.
Matériels utilisés	Râteau ou fourche.
Temps nécessaire d'entretien	De 1 à 2 min par manipulation

VII.6.2. L'entretien du dessableur**Tableau VII.3 : L'entretien du dessableur**

Entretien	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Extraction des sables 1 à 2 fois par semaine et stockage sur une aire d'égouttage ; ✓ Vanne d'extraction fermée durant 30 s à 1 mn pour séparation sable et matière organique.
Suivi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrôle de la quantité des sables piégés systèmes automatisés.
Matériels utilisés	Pelle.
Temps nécessaire d'entretien	De 15 à 30 mn par semaine

VII.6.3. L'entretien du dégraissage**Tableau VII.4 : L'entretien du dégraissage**

Entretien	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ecumage journalière des ouvrages non mécanisés et stockage en fosse ; ✓ Vidange régulière de la fosse de stockage des écumes.
Suivi	<p>Les ouvrages mécanisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrôle des équipements (bullage-raclage) ; ✓ Vérification de la mise en trémie des graisses (colmatage).
Matériels utilisés	Ecumoire-Raclette- Citerne pour la vidange des graisses.
Temps nécessaire d'entretien	Quelque minute par opération.

VII.6.4 L'entretien du traitement secondaire (boues activées)**Tableau VII.5 : L'entretien traitement biologique**

Entretien hebdomadaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Faire le tour de l'ouvrage pour déceler toutes anomalies (odeur, couleur, débit, départ de boues) ; ✓ Vérifier la station de relevage ; ✓ Vider le panier de dégrillage du poste de relèvement ; ✓ Nettoyer les prétraitements et évacuer les déchets ; ✓ Nettoyer les parois des bassins ; ✓ Nettoyer la goulotte du clarificateur ; ✓ Nettoyer le canal de comptage ; ✓ Contrôle du fonctionnement des moteurs, des voyants et compteurs de l'armoire électrique ; ✓ Effectuer les tests NH_4 et NO_3 sur effluent traité.
Entretien régulier	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nettoyer les flotteurs, câbles électriques et chaîne du poste de relèvement ; ✓ Entretien des abords ; ✓ Entretien annuel ; ✓ Nettoyage et vidange des appareils électromécaniques (pompes, turbines).

VII.6.5. L'entretien du décanteur secondaire (clarificateur)**Tableau VII.6 : L'entretien du décanteur (clarificateur) des boues**

Entretien	<p>Décanteur statique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Brossage des parois de l'ouvrage jusqu'au fond de l'ouvrage.
Suivi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1 à 2 fois par semaine ; ✓ Vérification journalière de la limpidité et du niveau des dans le clarificateur.
Matériels utilisés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1 à 2 éprouvettes d'un litre (en plastique) ; ✓ 1 chronomètre ; ✓ 1 disque blanc de mesure de la turbidité ou disque de Secchi ;

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balai à manche suffisamment long Citerne pour la vidange des écumes.
Temps nécessaire d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 15 à 30 mn par semaine pour le Brossage des parois d'un décanteur ; ✓ 30 mn décantation en éprouvette ; ✓ 30 secondes : mesure de la limpidité et du niveau des boues.

VII.7. Les avantages et les inconvénients de la station d'épuration

Tableau VII.7 : Les avantages et les inconvénients de la STEP

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La protection de la mer ; • La préservation des espaces animales et végétales (la faune et la flore) ; • Réduire la pression sur les ressource en eau ; • Il est considéré comme écologique par la réutilisation des eaux épurées dans les besoin de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Causer des problèmes de santé s'il n'est pas correctement traité ; • Les eaux épurées peuvent faire des blocages dans le réseau d'irrigations ; • Causer des dommages à la plante.

VII.8. Hygiène et sécurité

Les ouvrage de la station d'épuration peut présenter un danger si certaines précautions et ne se pas respectées.

VII.8.1. Les risque

a) Infection :

Les effluents sont riches en agents pathogène très dangereux (hépatite, leptospirose, ... etc.).

Comment se protéger :

- Eviter les contacts directs avec les eaux ;
- Prendre soin de la propreté des mains et des vêtements après intervention ;
- Se faire vacciner et penser aux rappels.

a) Produit dangereux :

Certaines unités de traitement intègrent dans leur processus des produits dangereux comme chlorure ferrique et polymère ...etc.

Comment se protéger :

- Si possible travailler à proximités d'un point d'eau potable ;
- Porter les EPI nécessaires (gants, ...).

b) Dangers mécaniques :

- Ranger l'outillage correctement ;
- Fermer les regards après chaque intervention ;
- Maintenir les passerelles et garde-corps en bon états.

VII.9. Conclusion

La station d'épuration est un élément très important, son exploitation nécessite l'application rigoureuse de certaines règles :

1. L'entretien périodique des différents ouvrages de la STEP qui permet l'exploitation de la station dans très bonnes conditions ;
2. L'application des règles d'hygiène et de sécurité dans le travail, qui demeurent des paramètres importants, compte tenu de leur impact sur la santé et la vie du personnel de la station.
3. Un guide des instructions est indispensable pour assurer l'hygiène et la sécurité au plusieurs niveaux de la station.

Conclusion générale

Le but de notre étude de travail est la conception de la station d'épuration de la ville de Béchar qui sera fonctionnelle à l'horizon de 2050. Nous avons marqué que le débit des eaux usées augmente : il passera de 43 365 m³/j en 2030 pour atteindre 65 625 m³/j en 2050 c'est dû biensûr à une augmentation du nombre d'habitants de (261 028 hab en 2030 et 395 450 hab en 2050). Les eaux usées de la ville de Béchar sont principalement d'origine urbaine, en se basant sur leurs caractéristiques physico-chimiques nous avons décidé de choisir une STEP de traitement des eaux usées par plusieurs étapes, ce qui permet de traiter ces eaux.

Le traitement des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Béchar passe par les étapes suivantes :

- Prétraitement,
- Traitement secondaire qui contient un traitement biologique avec bassin d'anoxie,
- Traitement tertiaire qui comprend un traitement par filtre a disque et la désinfection par procédé des lampes UV,

La valorisation des boues et la réutilisation des eaux épurées sont les deux perspectives dont pourra bénéficier les agriculteurs de la région.

Le traitement tertiaire permet d'assurer la bonne qualité d'eau pour les agricultures de cette ville poussant les deux paramètres de l'alcalinité et la salinité.

Enfin, pour un bon fonctionnement du futur de la station d'épuration et pour un traitement efficace des eaux usées un entretien des ouvrages de la STEP et un contrôle régulier sont indispensables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [1] **O.N.M.** Office National Météorologie de la station de Béchar basée sur l'analyse des facteurs climatiques de la zone d'étude de l'année 2020.
- [2] **Kaddouri.M**, 2019. Mémoire de fin d'étude, l'adaptation des formes urbaines interscalaires des villes sahariennes face aux inondation (ville de Béchar). Université Mohamed Khider Biskra.
- [3] **Fortas.A**, 2016, Mémoire de fin d'étude, Initiation d'utilisation du SIG pour cartographie hydrologique du bassin versant d'Oued Saoura (W. Béchar). Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [4] **Alain Damen**, guide de traitement des déchets, 2^{ème} édition, paris année 2002- 2003.
- [5] **Gaid Abd El-Kader** « Epuraton biologique des eaux usées urbaine » tome1, 1984.
- [6] **Slim Zekri**, lamia Ghazel, Taher Aloui, kamal djebbi, les extrémités négatives del'utilisation des eaux usées traitées en agriculture, Sémina ire Méditerranéen 2002.
- [7] **ABDELKADER CAID 1984**, Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome2. Office de publication universitaire, Alger, 260 p.
- [8] **Y. GERVAISE, P. BLANFUNE**, Qualité de l'eau, environnement, AFNOR 1994 ,861p.
- [9] **F.Valiron**, Maitrise de la pollution urbaine, état de l'art, édition technique et documentation, Lavoisier.1992, 564 p.
- [10] **Teli Sidi Mohamed**, (2013), Etude sur la valorisation par séchage solaire des boues d'épuration des eaux urbaine – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA).
- [11] **M^{me} BETATACHE HAYAT**, Cours de Epuration des eaux usées, Ecole ENSH, Blida.
- [12] **Ladjel F**, (2006), Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p.
- [13] **Desjardins Raymands**, (1997), « Traitement des eaux »,deuxième édition, Montréal.
- [14] **Rodert Thomazeau**, (1981), Station d'épuration, Eaux potables-Eaux usées, Edition technique et Documentation, Paris.
- [15] **Cardot C**, (1999), Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris : Ellipses. 247p
- [16] **Lazarova et al**, 1998 : « la réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000» ; « l'eau l'industrie, les nuisances», n°212, pp.39-46.

- [17] **Asano, T.** Wastewater reclamation and reuse. CRC Press. Vol. 10. Etats-Unis.
- [18] **Asno,T .** Water from (waste) water – the dependable water resource. Water Science and Technology. 2002.
- [19] Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome1, édition dégerment.
- [20] **Abdelkader Gaid**, épuration biologique des eaux usées urbaine, tome1, office des Publication universitaire ben-aknoun (alger),1984.
- [21] **R.Moletta**, le traitement des boues des stations d'épuration, document d'information générale diffusion référencée libre (Rédaction 2003).
- [22] **COMMISSION EUROPEENNE**, procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, office des publications officielles des communautés européennes, Luxembourg.
- [23] **B.Merzouk**, cours epuration des eaux usées, université de msila (2018,2019)
- [24] Journal officiel de la république algérienne N°26, 23 avril 2006.
- [25] **Reghis Bourrier**, M.S, B.S, technique de l'assainissement 4^e édition LE MONITEUR, 2010
- [26] **Céline Boutin, A.heduit,J.M.Helmer**, Technologie d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traité (REUT). Irestea 2009, pp.100.
- [27] **Hugues GODART**, eau de distribution, clarification. Techniques de l'ingénieur 2008.
- [28] **M.Mekhici**, Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome 2, édition dégerment,2005.
- [29] **Handbook.Abdelkader Gaid**, techniques de l'ingénieur des eaux usées urbaine.

Annexe I

Les classes	Intervalle (mms/cm)	Qualité d'eau
Alcalinité		
C1	$0 < CE < 0,25$	L'eau à faible salinité, elle peut être utilisée en irrigation.
C2	$0,25 < CE < 0,75$	l'eau à salinité moyenne, peu de danger.
C3	$0,75 < CE < 2,25$	l'eau à salinité à prendre en considération
C4	$2,25 < CE < 5$	l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales.
C5	$CE > 5$	l'eau est inutilisable sauf sur des sables lessivés et drainés
Salinité		
S1	$SAR < 10$	L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation
S2	$10 < SAR < 18$	Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine
S3	$18 < SAR < 26$	Les eaux contenant une quantité de sodium élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols
S4	$SAR > 26$	Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation

Annexe II

ANNEXE VII

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF (Canalisations circulaires – Formule de Bazin)

