



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UNE STEP DES EAUX USEES
URBAINES POUR LA COMMUNE DE BEJAIA W.BEJAIA
EN VUE DE LEURS REUTILISATIONS**

Présenté par :

MADENE Aziza

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Président
KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examineur
KHEDIM ALLAH Abderrahmane	M.A.A	Examineur
TAFAT Leila	M.A.A	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Promotrice

Remerciement

Avant tout je remercie dieu de m'avoir donné la volonté et le courage d'effectuer ce mémoire de fin d'études.

Je tiens à remercier très chaleureusement :

- Mon encadrante de mémoire, Mme BETATACHE Hayat pour sa guidance, ses précieux conseils et son engagement constant à me pousser à donner le meilleur de moi-même.
- Mes enseignants de l'ENSH pour leurs enseignements et contributions tout au long de ces années.
- Le personnel de la STEP, DRE, ONA de Bejaia.

J'aimerais exprimer ma gratitude sincère envers les membres du jury pour leur présence à ma soutenance et pour l'énorme investissement qu'ils ont consenti pour évaluer ce mémoire.

Dédicace

C'est avec une immense gratitude que je prends un moment pour exprimer mes remerciements à toutes les personnes qui ont joué un rôle essentiel dans la réalisation de mon mémoire de fin d'études :

- À mes chers parents, Votre amour, votre soutien indéfectible et votre encouragement ont été la source de ma persévérance tout au long de cette aventure académique. Ce mémoire est le fruit de mon travail acharné, mais il est aussi le reflet de vos sacrifices et de votre foi en moi.
- Je tiens à remercier tous mes amis et mes proches qui ont partagé cette aventure avec moi, pour leurs encouragements et leur précieuse amitié.

Ce mémoire est le résultat d'une communauté de soutien exceptionnelle, et je suis profondément reconnaissante envers chacun d'entre vous.

ملخص

يزداد حجم تصريف المياه في الأودية، مما يؤثر بشكل خطير على صحة المواطنين وأدى إلى ظاهرة التلوث. هذا هو الوضع في بلدية بجاية التي تتميز بسعة تدفق ضئيلة جداً، ولهذا السبب اقترحنا إعادة تصميم محطة معالجة مياه بجاية لزيادة الكفاءة واستخدام المياه المعالجة في الصناعة ومكافحة الحرائق.

الكلمات الدالة: تصريف المياه، محطة معالجة مياه.

Résumé :

En Algérie, le volume d'eau rejetée dans les oueds augmente, ce qui a eu de grave répression sur la santé des citoyens et a engendré un phénomène de pollution. Telle est le cas de la commune de Bejaia qui traite une très faible capacité de débit entrant et c'est pour cela on a décidé de redimensionner la STEP de Bejaia pour un meilleur rendement et l'exploiter cet eau traités dans l'industrie et l'incendie.

Mots clés : STEP, eau usées, redimensionnement.

Abstract:

In Algeria, the volume of water discharged into wadis is increasing, which has had serious repercussions on the health of citizens and has resulted in a pollution phenomenon. This is the case in the municipality of Bejaia, which treats a very low incoming flow capacity. For this reason, it has been decided to design the Bejaia wastewater treatment plant (STEP) for improved efficiency and to utilize the treated water in industry and firefighting.

Keywords: Wastewater treatment plant (STEP), design, and wastewater.

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Introduction Générale	
I. Présentation de la zone d'étude	1
I.1. Introduction :	1
I.2. Présentation de site :	1
I.2.1. Situation géographique :	1
I.2.2. Situation topographique :	2
I.2.3. Situation climatique :	2
I.2.3.1. Climat :	2
I.2.3.2. Température :	2
I.2.3.3. Ensoleillement :	3
I.2.3.4. Les précipitations :	3
I.2.3.5. Sismicité :	3
I.2.3.6. Hydrologie :	3
I.2.4. Situation démographique :	3
I.2.5. Situation hydraulique :	3
I.3. Conclusion :	4
II. Présentation de la station d'épuration	5
II.1. Introduction :	5
II.2. Données de base :	5
II.3. Caractéristique et nature de l'effluent à l'entrée :	5
II.4. Les étapes de traitement au niveau de la STEP de Bejaïa :	5
II.4.1. Prétraitement :	6
II.4.1.1. Fosse à batardeaux et dégrillage grossier :	6
II.4.1.2. Station de relevage :	7
II.4.1.3. Dégrillage fin :	8
II.4.1.4. Dessablage- Déshuilage :	10
II.4.1.5. Traitement Biologique :	10
II.4.1.6. Traitement des boues :	12
II.5. Impact sur l'environnement après ce rendement :	12

II.6.	Etat de fonctionnement des différentes parties de la STEP :.....	13
II.7.	Conclusion :.....	14
III.	Réutilisation des eaux épurées	29
III.1.	Introduction :	29
III.2.	Définition et objectifs :.....	29
III.3.	Domaines de réutilisation des eaux usées :	29
III.3.1.	La réutilisation agricole :.....	29
III.3.2.	La réutilisation industrielle :	30
III.3.3.	La réutilisation dans les zones urbaines :	30
III.3.4.	La production de l'eau potable :.....	30
III.3.5.	La recharge des nappes :	31
III.4.	Avantages de la réutilisation des eaux :	31
III.5.	Réutilisation des eaux usées en Algérie :	32
III.6.	Cas de la STEP de la ville de Bejaia :	35
III.7.	Conclusion :.....	35
IV.	Dimensionnement de la station d'épuration.....	22
IV.1.	Introduction :	22
IV.2.	Evaluation des besoins et des charges polluantes :	22
IV.2.1.	Calcul du débit d'eau usée domestique et d'équipements :	22
IV.2.2.	Calcul de débit total :	22
IV.2.3.	Débit horaire :.....	23
IV.2.4.	Débit moyen diurne :.....	23
IV.2.5.	Equivalent habitant :.....	23
IV.2.6.	Débit de pointe en temps sec (Q _{pts}) :	23
IV.2.7.	Débit de pointe temps de pluie :.....	24
IV.3.	Evaluation des charges polluantes :.....	25
IV.4.	Analyses des eaux usées de la région de Béjaia :	25
IV.4.1.	Processus de calculs des charges polluantes :	25
IV.5.	Calcul de dimensionnement de la STEP de Béjaia :	26
IV.5.1.	Prétraitement :	27
IV.5.1.1.	Dimensionnement de dégrilleur :.....	27
IV.5.1.1.1	La surface :.....	27
IV.5.1.2.	Dimensionnement de dégrilleur grossier :	27

IV.5.1.3.	Dimensionnement du dégrilleur fin :	28
IV.5.1.4.	Calcul nombre des barreaux :	28
IV.5.1.5.	Calcul des pertes de charge :	28
IV.5.1.5.1	Cas de dégrilleur grossier :	29
IV.5.1.5.2	Cas dégrilleur fin :	29
IV.5.1.6.	Calcul de volume déchet retenu :	29
IV.5.1.6.1	Grille grossière :	29
IV.5.1.6.2	Grille fine :	30
IV.5.2.	Dimensionnement de déssableur-déshuileur :	30
IV.5.2.1.1	Calcul de volume de bassin :	31
IV.5.2.1.2	Calcul de la surface horizontale :	31
IV.5.2.1.3	Calcul de la longueur et largeur :	31
IV.5.2.1.4	Volume d'air à insuffler dans le dessableur :	31
IV.5.2.1.5	Calcul des charges polluantes éliminées par le dessableur-déshuileur : ..	31
IV.5.3.	Traitement primaire :	32
IV.5.3.1.1	Dimensionnement de décanteur primaire :	32
IV.5.3.1.2	Calcul de volume de décanteur :	32
IV.5.3.1.3	Calcul de la surface de décanteur :	32
IV.5.3.1.4	Calcul de diamètre :	33
IV.5.3.2.	Evaluation des charges éliminées par le décanteur :	33
IV.5.4.	Traitement secondaire :	33
IV.5.4.1.	Calcul de taux d'abattement :	33
IV.5.4.2.	Dimensionnement du bassin d'aération :	34
IV.5.4.2.1	Calcul de volume de bassin :	34
IV.5.4.2.2	La surface horizontale :	34
IV.5.4.2.3	La longueur et la largeur de bassin :	34
IV.5.4.3.	Calcul des charges :	34
IV.5.4.4.	Calcul de la masse des boues dans le bassin :	34
IV.5.4.5.	Concentration des boues dans le bassin :	34
IV.5.4.6.	Calcul besoin d'oxygène :	34
IV.5.4.7.	Calcul de besoin en énergie de l'aération :	35
IV.5.4.7.1	Puissance d'agitation :	35
IV.5.4.7.2	Nombre d'aération :	35

IV.5.4.8. Bilan des boues :	35
IV.5.4.8.1 Calcul de la quantité des boues en excès :	35
IV.5.4.8.2 Concentration des boues en excès :	36
IV.5.4.8.3 Débit des boues en excès :	36
IV.5.4.8.4 Taux de recyclage :	36
IV.5.4.8.5 Débit des boues recyclées :	36
IV.5.4.8.6 Age des boues :	36
IV.5.4.9. Dimensionnement du clarificateur :	36
IV.5.4.9.1 Calcul de la Surface:	37
IV.5.4.9.2 Calcul de volume total :	37
IV.5.4.9.3 Calcul du diamètre :	37
IV.5.5. Traitement tertiaire :	38
IV.5.5.1. Dimensionnement d'un filtre à sable :	38
IV.5.5.1.1 Calcul de surface de lit de sable :	38
IV.5.5.1.2 Les pertes de charges :	38
IV.5.5.2. Dimensionnement de rétro lavage :	38
IV.5.5.2.1 Pour la vitesse de sédimentation de l'eau :	39
IV.5.5.2.2 Pour la vitesse de sédimentation de l'air :	39
IV.5.5.2.3 Le débit de lavage :	39
IV.5.5.2.4 Pour le débit d'eau de lavage :	39
IV.5.5.2.5 Pour le débit d'air de lavage :	39
IV.5.5.2.6 La perte de charge de média filtrant :	39
IV.5.5.2.7 Calcul de volume nécessaire pour la phase de rétro-lavage :	39
IV.5.5.3. Dimensionnement de bassin d'ozonation :	40
IV.5.5.3.1 Calcul de volume de bassin :	40
IV.5.5.3.2 Calcul de la longueur et largeur de bassin :	40
IV.5.6. Filière des boues :	41
IV.5.6.1. Dimensionnement de l'épaississeur :	41
IV.5.6.1.1 Boues issue de décanteur primaire :	41
IV.5.6.1.2 Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($X B \Pi$) :	41
IV.5.6.1.3 Volume de l'épaississeur (V_e) :	41
IV.5.6.1.4 Surface de l'épaississeur (S_e) :	41
IV.5.6.1.5 Diamètre de l'épaississeur :	41

IV.5.6.1.6 Débit des boues sorties de l'épaisseur :	41
IV.5.6.2. Dimensionnement de filtre à bande :	42
IV.5.6.2.1 La quantité de boues à traiter par heure :	42
IV.5.6.2.2 La quantité de boues extraites de déshydratation :	42
IV.5.6.2.3 Calcul de la largeur de la bande :	42
IV.5.6.2.4 Matières sèches :	43
IV.5.6.3. Dimensionnement de lit de séchage :	43
IV.5.6.3.1 Le volume d'un lit :	43
IV.6. Evaluation des charges après traitement :	44
IV.7. Conclusion :	45
V. Calcul hydraulique	46
V.1. Introduction :	46
V.2. Dimensionnement du déversoir d'orage :	46
V.2.1. A l'amont du déversoir :	46
V.2.2. A l'aval du déversoir (vers la station) :	46
V.2.3. Le débit déversé vers le milieu naturel (Qd) :	47
V.2.4. Dimension du déversoir d'orage :	47
V.2.4.1. La lame d'eau déversée :	47
V.2.4.2. La longueur de seuil du déversoir :	47
V.3. Dimensionnement de station de relevage :	47
V.3.1. Calcul de diamètre économique :	47
V.3.2. Calcul de la vitesse d'écoulement :	47
V.3.3. La hauteur manométrique de la pompe :	47
V.3.4. Choix de la pompe :	48
V.3.5. Calcul de volume de poste de relevage :	48
V.3.6. Calcul de la surface de poste de relevage :	48
V.4. Dimensionnement de profil hydraulique :	48
V.4.1. Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :	49
V.4.2. Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :	49
V.4.3. Diamètre des conduites :	49
V.4.4. Calcul des cotes piézométriques entre les différents tronçons :	50
V.5. Conclusion :	51
VI. Gestion et exploitation de la station d'épuration.	59

VI.1. Introduction :	59
VI.2. Les activités liées à l'exploitation d'une Station d'Épuration des Eaux Usées :	59
VI.3. Le chef d'exploitation de la station d'épuration :	59
VI.4. Les différentes taches de personnel d'une STEP :	60
VI.5. Entretien et suivi des équipements de la station d'épuration :	60
VI.5.1. Prétraitement (dégrilleur, dessableur-déshuileur) :	60
VI.5.2. Traitement secondaire (bassin d'aération, bassin d'anoxie, clarificateur) :	60
VI.5.3. Traitement tertiaire (filtre à sable, ozonation) :	60
VI.5.4. Station de relevage :	60
VI.6. Suivi des performances :	60
VI.7. Hygiène et sécurité :	61
VI.7.1. Formation du personnel :	61
VI.7.2. Évaluation des risques :	61
VI.7.3. Équipement de protection individuelle (EPI) :	61
VI.7.4. Gestion des produits chimiques :	61
VI.7.5. Équipements de sécurité :	61
VI.7.6. Plan d'intervention d'urgence :	61
VI.8. Conclusion :	61
Conclusion générale	
Références bibliographique	

Liste des tableaux

Tableau 1: les températures mensuelle.....	2
Tableau 2: l'ensoleillement mensuel	3
Tableau 3: les précipitations mensuelles	3
Tableau 4: État de fonctionnement des différents équipements et procédés de la STEP [2]... 13	
Tableau 5 : Norme Algérienne : Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles (JO, 2012).....	32
Tableau 6: Norme Algérienne : Spécifications microbiologiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles (JO, 2012).....	33
Tableau 7 : Récapitulatif de calcul des débits pour l'horizon 2031 et 2051	24
Tableau 8 : analyse d'eau usée de la STEP de Bejaïa	25
Tableau 9 : résultat de calcul des charges polluantes	26
Tableau 10: Espacement et épaisseur des barreaux.....	27
Tableau 11: données initiale pour dimensionnement de dégrilleur grossier	27
Tableau 12: données initiale pour dimensionnement de dégrilleur grossier	28
Tableau 13: Valeurs de coefficient β en fonction de type des barreaux	29
Tableau 14: Résultat finaux de calcul de dégrilleur	30
Tableau 15: données initiale pour calcul de dessableur-deshuileur	30
Tableau 16: Récapitulatif de dimensionnement de dessableur-déshuileur	31
Tableau 17: données initiale pour calcul de décanteur primaire	32
Tableau 18 : quantités éliminée par le décanteur primaire.....	33
Tableau 19: charge volumique (C_v) et la charge massique (C_m) en fonction de rendement ..	33
Tableau 20: calcul des charges polluantes	34
Tableau 21: récapitulatif des calculs de traitement secondaire	37
Tableau 22 : Caractéristique des fluides du rétro-lavage	39
Tableau 23 : Calcul des pertes de charges de média filtrant	39
Tableau 24 : résultat de calcul de volume pour la phase de rétro lavage	40
Tableau 25: récapitulatif de calcul de dimensionnement de rétro lavage	40
Tableau 26 : Résultats de dimensionnement de l'épaississeur.....	42
Tableau 27 : résultat de dimensionnement de filtre à bande	43
Tableau 28 : résultat de calcul de lit de séchage	44
Tableau 29: évaluation des charges après traitement	44

Tableau 30 : cotes de terrain naturel de la région de Bejaia	48
Tableau 31 : longueurs équivalents reliant les ouvrages	49
Tableau 32 : Valeurs de K, m et β	49
Tableau 33 : résultat final de calcul hydraulique	51
Tableau 34: les taches de personnels d'une STEP	60

Liste des figures

Figure 1 : Image satellite de la station d'épuration de Bejaia	1
Figure 2: carte géographique de délimitation de la commune de Bejaïa	2
Figure 3: Schéma de fonctionnement de la STEP de la ville de Bejaia	6
Figure 4: fosse à batard et dégrilleur	7
Figure 5: Pompes de relevage	8
Figure 6 : Dégrilleur fin	9
Figure 7: Dessableur- Déshuileur.....	10
Figure 8: Bassin d'aération	11
Figure 9: Clarificateur	11
Figure 10: eau épurée à la sortie.....	12

Introduction générale

L'eau joue un rôle crucial dans la vie humaine et est un élément essentiel à nos activités. Il est essentiel pour l'utiliser dans des activités quotidiennes telles que la consommation d'eau potable, l'industrie et l'agriculture. Cependant, en raison du réchauffement climatique, des changements climatiques et de la pollution, l'eau est de plus en plus sollicitée d'année en année, ce qui affecte sa disponibilité.

La contamination de l'eau a un impact significatif sur la disponibilité de cette ressource vitale, ce qui a des conséquences directes ou indirectes sur la santé des consommateurs. En Algérie, la rareté des pluies ces dernières décennies et la pollution de l'eau dans les rivières, les retenues collinaires et les barrages ont conduit à une indisponibilité de l'eau de surface.

Pour faire face à cette situation, les autorités ont exploré différentes sources d'eau, notamment les eaux souterraines, le dessalement de l'eau de mer et le traitement des eaux usées. Ce mémoire de fin d'étude se concentre sur les eaux usées traitées, visant à préserver l'environnement contre la pollution de l'eau et à produire de l'eau propre.

Des installations de traitement des eaux usées ont été mises en place près des villes pour traiter les eaux usées, explorer les possibilités de recyclage des substances et évaluer la quantité d'eau propre qui peut être réutilisée. Cependant, des efforts substantiels restent à faire pour garantir des quantités satisfaisantes d'eau propre dans de nombreuses régions, notamment à Bejaia, qui est le sujet de ce mémoire.

La station de traitement des eaux sera dédiée au traitement des eaux usées urbaine de la ville de Bejaia. Les eaux traitées pourront être réutilisées dans les services publics ou dans les industries.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction :

Avant chaque projet d'une conception d'une Station d'épuration d'une agglomération l'étude de site est indispensable pour bien s'informer sur les caractéristiques physiques de la région et les facteurs qui influent le dimensionnement de ce projet.

I.2. Présentation de site :

I.2.1. Situation géographique :

La ville de Bejaia se trouve au bord de la Méditerranée avec une superficie de 3268 km². Elle se situe dans la vallée de l'oued Soummam, sur le carrefour des routes nationales RN 9, RN 12 et RN 24. La ville de Bejaia est l'une des villes les plus anciennes de l'Algérie. Elle est limitée du point de vue administratif par :

- La Wilaya de Jijel à l'est. - Les Wilaya de Bouira et de Tizi-Ouzou à l'ouest. - Les Wilaya de Sétif et de Bordj Bou Arreridj au sud.

L'aire d'étude se situe dans le nord au bord de la mer de la commune de Bejaia avec une latitude de 36°44'8.92''N et une longitude de 5°4'30.00''E, elle s'étend sur une surface de 5 Ha. Notre station d'épuration est délimité par :

- Au nord le port
- A l'est par la mer méditerranée
- A l'ouest la commune de Bejaia
- Au sud la commune de tala hamza



Figure 1 : Image satellite de la station d'épuration de Bejaia

I. Présentation de la zone d'étude

COMMUNES DE LA WILAYA DE BEJAIA (BGAYET)

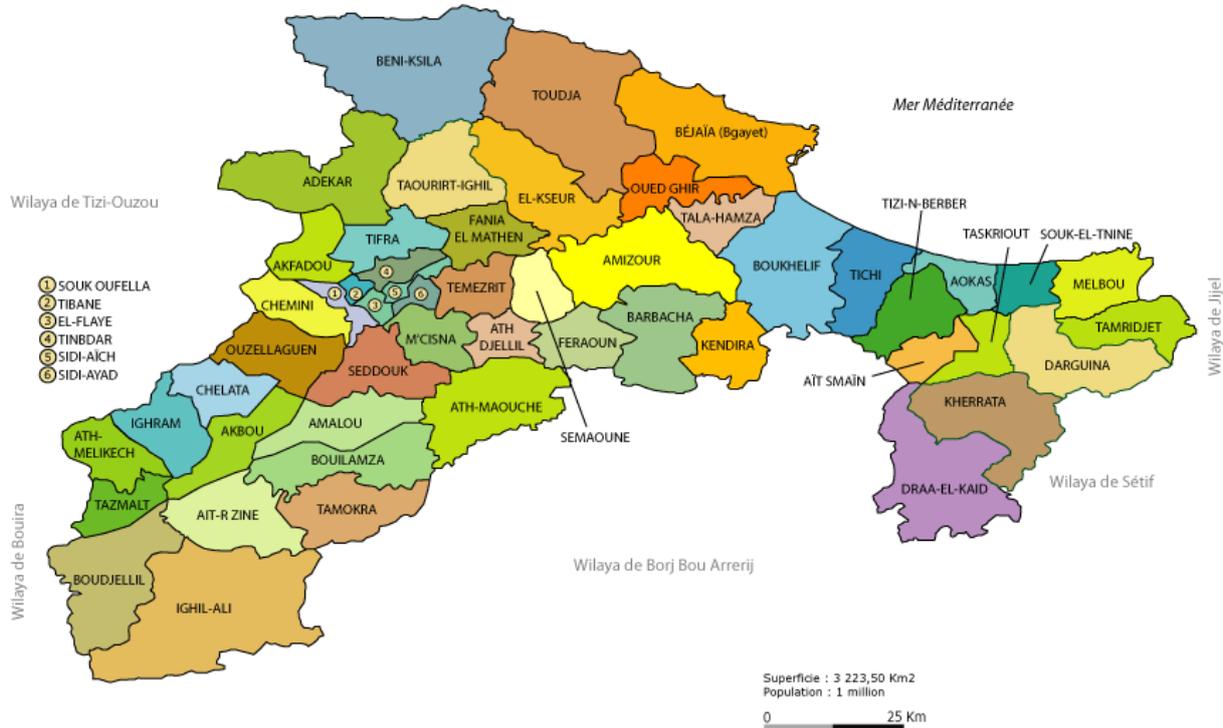


Figure 2: carte géographique de délimitation de la commune de Bejaïa

I.2.2. Situation topographique :

La ville de Bejaia repose sur un terrain d'une altitude qui varie de 1m au environ de 660m, au nord-ouest c'est la plus grande altitude celle de mont Gouraya avec 660m et plus on descend au centre-ville on trouve un terrain plus ou moins plats comme notre zone d'étude.

I.2.3. Situation climatique :

I.2.3.1. Climat :

Le climat de la commune de Bejaia est méditerranéen, avec des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et ensoleillés.

I.2.3.2. Température :

On a la variation des températures mensuelle de l'année d'étude 2021

Tableau 1: les températures mensuelle

	janv	fév	mars	Avr	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
Température Moy max	18.1	20.8	18.6	20.6	22.7	27.3	30.6	32	29.8	25	19.3	18.4
Température Moy min	7.4	10.1	9	11.7	15.1	19	21.6	21.8	21.2	15	11.7	7.9
Température moyenne	12.	15.4	13.8	16.2	18.9	23.1	26.1	26.9	<<	20	15.5	13.1

- **Les températures moyennes maximales** : elles varient entre 30,6° (juillet) et 18,1° (janvier). Ces températures moyennes dépassent souvent les 20° de juin à septembre.

I. Présentation de la zone d'étude

- **Les températures moyennes minimales** : elles varient entre 12° (Janvier) et 26,9° en Aout. Ces températures ne baissent jamais en dessous de 1° même en hiver.

I.2.3.3. Ensoleillement :

Tableau 2: l'ensoleillement mensuel

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
DJU (climaticien)	13	26.3	10.7	27.1	51.5	156.1	251.6	280.9	226	85.3	19.6	10.2
DJU (chauffagiste)	177	99.1	14.7	82.2	24.7	2.7	-	5.1	-	23.4	95.4	161.1

- l'ensoleillement maximale est mesuré en mois d'aout avec 280,9 et minimale mois de décembre avec 10,2

I.2.3.4. Les précipitations :

Tableau 3: les précipitations mensuelles

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Précipitations (mm)	63.9	13.8	78.4	99	29	5.4	4	0.6	16.4	56	188.8	51

- Les précipitations sont plus fréquentes en hivers et printemps et plus rares en été, avec un maximum de pluviosité en mois de novembre.

I.2.3.5. Sismicité :

La wilaya de Bejaia est classée dans la zone Ila c'est à dire une sismicité faible à modérée.

I.2.3.6. Hydrologie :

Notre zone d'étude se compose de deux oueds principaux :

- Oued sghir
- Oued soummam

I.2.4. Situation démographique :

D'après l'estimation faite en 2021 par la DRE de BEJAIA le nombre totale d'habitant de la commune de Bejaia est estimé à 80000 habitants. [1]

Pour calculer le nombre d'habitants de l'horizon visé on utilise la formule du taux d'accroissement exponentiel.

$$P_n = P_0 (1 + T)^n \dots \dots \dots [1]$$

P_n : population future ;

P_0 : population de l'année de référence (2021) ;

n : nombre de l'année ;

T : taux d'accroissement=2,1 % ;

I.2.5. Situation hydraulique :

La commune de Bejaia est alimentée à partir des champs de captage (Oued Agrioune, Oued Zitouna et oued djemaa). Dernièrement, elle a été renforcée par le barrage de Tichy-Haf.

I. Présentation de la zone d'étude

Concernant l'assainissement, la ville de Bejaia possède un système unitaire et séparatif avec plusieurs points de rejets mais avec seulement une station d'épuration qui est en sous dimensionnements et nécessite une réhabilitation.

I.3. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude de cas de différentes situations de notre zone d'étude qui représentent les premières données de base pour entamer notre travail qui est le dimensionnement d'une station d'épuration afin de résoudre tous les problèmes de notre agglomération.

Chapitre II
Présentation de la STEP
de Bejaïa

II. Présentation de la STEP de Bejaia

II.1. Introduction :

Un diagnostic d'une station d'épuration est une évaluation détaillée de l'état, du fonctionnement et des performances d'une installation de traitement des eaux usées, également connue sous le nom de station d'épuration ou d'usine de traitement des eaux usées. L'objectif principal du diagnostic est d'identifier les problèmes, les dysfonctionnements et les éventuelles améliorations nécessaires pour optimiser le processus de traitement des eaux usées et assurer le respect des normes environnementales.

II.2. Données de base :

- Capacité nominale : 80 000 (EH) ;
- Débit nominal : 10 000 m³ /j ;
- Nature des eaux usées brutes : urbaines ;
- Milieu récepteur : La mer ;
- Volume moyen de déchets solides évacués par mois : 4 m³ ;
- Volume moyen de boues évacuées par mois : 45 m³ ;

II.3. Caractéristique et nature de l'effluent à l'entrée :

Les eaux usées qui parviennent à la Station d'Épuration (STEP) proviennent des foyers ainsi que des industries opérant dans la ville de Bejaïa. La majorité de ces activités industrielles sont liées à l'agroalimentaire, ce qui signifie que la pollution présente dans les eaux usées est principalement biodégradable. En raison de cette caractéristique, le traitement par boues activées dans la station est considéré comme approprié pour leur élimination.

II.4. Les étapes de traitement au niveau de la STEP de Bejaïa :

La station d'épuration de Bejaïa est composée de deux filières distinctes : une filière eau et une filière boues. La première filière comprend un prétraitement, un traitement biologique et une désinfection des eaux usées. En ce qui concerne la filière boues, elle se compose d'un bassin d'épaississement. [2]

II. Présentation de la STEP de Bejaia

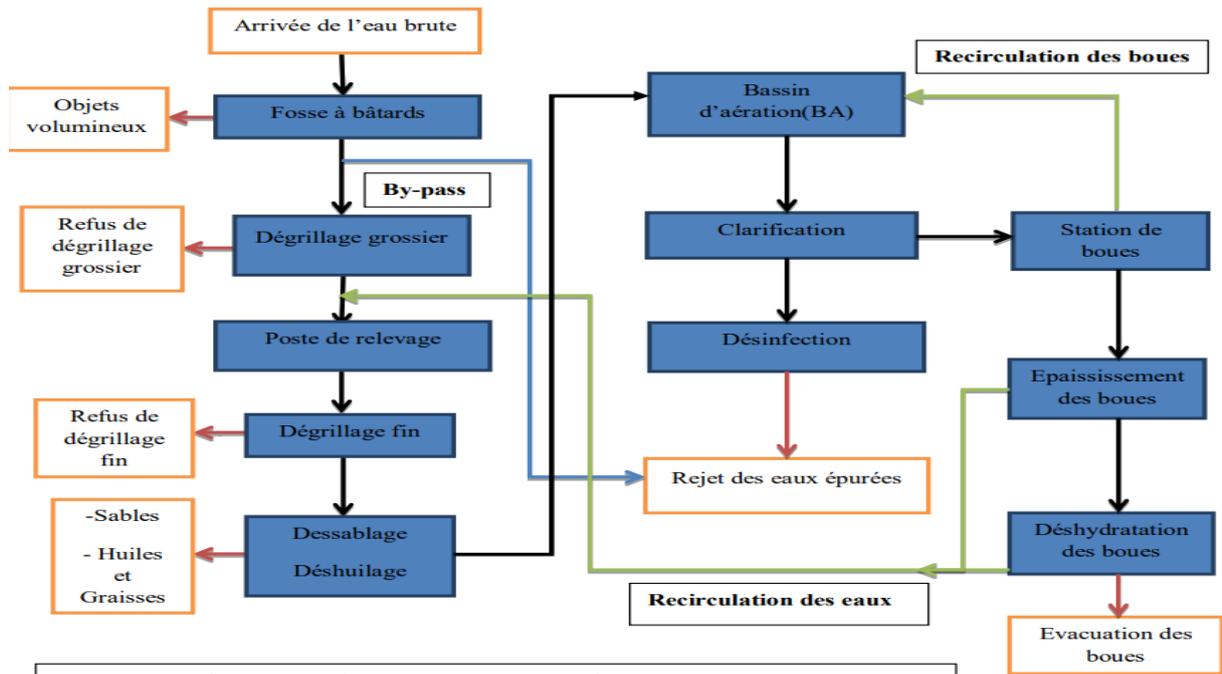


Figure 3: Schéma de fonctionnement de la STEP de la ville de Bejaia

II.4.1. Prétraitement :

II.4.1.1. Fosse à bâtardeaux et dégrillage grossier :

À l'entrée de la STEP, les eaux usées collectées sont recueillies par une fosse à bâtardeaux. Ce dernier est le premier système de traitement, elle permet la décantation ou la flottation des objets trop volumineux (cailloux, morceaux de verre, objets métalliques, bouteilles, papier ...). Les eaux sortant de la fosse à batardeaux passent par un dégrillage grossier avant de rejoindre la station de relevage.



II. Présentation de la STEP de Bejaia



Figure 4: fosse à batard et dégrilleur

- L'ouvrage de dégrilleur est sous dimensionné car le débit entrant est supérieur à sa capacité avec un béton dégradé comme le montre la figure.

II.4.1.2. Station de relevage :

Ce système d'installation a pour fonction de remonter les eaux au point le plus élevé de la STEP, facilitant ainsi leur écoulement par gravité dans les autres ouvrages. Il est composé d'une bache de stockage temporaire, d'un déversoir prévu en cas de panne, et de trois pompes qui fonctionnent en série de manière automatisée. Des flotteurs sont utilisés pour transmettre le niveau d'eau dans la bache à la partie de commande du système automatisé, ce qui permet la régulation automatique du fonctionnement des pompes.

II. Présentation de la STEP de Bejaia



Figure 5: Pompes de relevage

II.4.1.3. Dégrillage fin :

Au point le plus élevé de la STEP, les eaux suivent un cheminement à travers trois canaux longitudinaux. Dans chaque canal, elles passent à travers un dégrilleur automatique fin, ce qui permet d'éliminer efficacement les déchets solides qui pourraient entraver les traitements ultérieurs. Après ce processus, les eaux entrent dans les bassins de dessablage et déshuilage pour poursuivre leur traitement.

II. Présentation de la STEP de Bejaia



Figure 6 : Dégrilleur fin

II. Présentation de la STEP de Bejaia

- Le métal n'est pas d'une bonne qualité car on remarque l'usure donc il faut le remplacer avec l'inox et augmenter sa capacité de traitement.

II.4.1.4. Dessablage- Déshuilage :

Deux bassins rectangulaires équipés d'un système d'insufflation d'air sont utilisés pour éliminer les sables et les huiles de l'eau traitée. Les sables qui se sont déposés au fond des bassins sont récupérés à l'aide de pompes suceuses installées sur un pont roulant, puis envoyés vers des calibreurs à sable où ils sont séparés des eaux. Parallèlement, les huiles et graisses en surface sont soigneusement raclées pour leur élimination.



Figure 7: Dessableur- Déshuileur

- Dans cette STEP il existe deux bassins de dessableur- déshuileur mais un seul qui fonctionne, l'autre il est en arrêt et le béton fissuré.

II.4.1.5. Traitement Biologique :

Le procédé utilisé dans cette phase de traitement est le traitement par boues activées. Cette étape comprend les éléments suivants :

- Deux bassins d'aération, où la biomasse épuratrice est maintenue en suspension pour éliminer la pollution biodégradable présente dans l'eau. Chaque bassin est équipé de quatre aérateurs de surface pour apporter de l'oxygène.
- Un clarificateur circulaire avec un pont raclé, qui sépare l'eau traitée provenant des bassins d'aération des boues biologiques. Les eaux traitées sont collectées par surverse dans une rigole périphérique et dirigées vers le bassin de désinfection.

II. Présentation de la STEP de Bejaia

- Une station de boues qui reçoit les boues biologiques provenant du clarificateur. Une partie de ces boues est renvoyée aux bassins d'aération pour recirculation, tandis que l'autre partie est acheminée vers la filière boues.



Figure 8: Bassin d'aération



Figure 9: Clarificateur

II. Présentation de la STEP de Bejaia



Figure 10: eau épurée à la sortie

- On a deux bassins d'aération avec un hors service et l'autre avec un aérateur qui marche donc le traitement est très perturbé, de plus le béton est très dégradé.
- Le clarificateur est sous dimensionné, on remarque que l'eau est très turbide aussi le racleur fonctionne pas tous les jours.

II.4.1.6. Traitement des boues :

La station d'épuration de Bejaïa dispose d'un système de traitement des boues composé d'un épaisseur gravitaire et d'un filtre à bandes presseuses pour la déshydratation, en utilisant un poly électrolyte. Cependant, ces équipements ne sont pas opérationnelles, donc les boues sont épaissies puis directement transportés vers des décharges.

II.5. Impact sur l'environnement après ce rendement :

- entraîner une augmentation de la demande biochimique en oxygène (DBO) dans l'eau, ce qui peut épuiser les niveaux d'oxygène dissous, nuisant ainsi à la vie aquatique. Cela peut également favoriser la croissance d'algues et de plantes aquatiques, entraînant une eutrophisation excessive des plans d'eau.
- Les eaux usées rejetées peuvent contenir des pathogènes dangereux qui peuvent augmenter le risque de maladies d'origine hydrique surtout en saison estivale puisque c'est une zone touristique.

II. Présentation de la STEP de Bejaia

- Les polluants des eaux usées peuvent nuire à la faune et à la flore locale en modifiant leur habitat, en les empoisonnant ou en perturbant leur cycle de vie. Cela peut entraîner la mort de poissons, d'invertébrés et d'autres espèces aquatiques.
- Les contaminants rejetés dans l'environnement peuvent s'accumuler dans les écosystèmes au fil du temps, ce qui peut avoir des conséquences à long terme sur la biodiversité et la santé des écosystèmes.

Il est donc essentiel d'avoir une station d'épuration efficace et bien entretenue pour minimiser ces impacts sur l'environnement. L'amélioration du rendement épuratoire de cette station d'épuration est un objectif important pour réduire la pollution de l'eau et préserver la qualité de notre environnement et pour cela il faut redimensionner la STEP et faire une extension.

II.6. Etat de fonctionnement des différentes parties de la STEP :

Tableau 4: État de fonctionnement des différents équipements et procédés de la STEP [2]

Unité	Elément	Etat de fonctionnement
Prétraitement	Fosse à bâtards	Opérationnelle
	Dégrillage grossier	Opérationnel
	Poste de relevage	Opérationnel
	Dégrillage fin	Opérationnel
	Dessableur-déshuileur 1	Opérationnel
	Dessableur-déshuileur 2	Hors service
Traitement biologique	Bassins biologiques	Perturbés
	Clarificateur	Perturbé
Désinfection		Hors service
Traitement des boues	Station de boues	Opérationnelle
	Epaississeur	Opérationnel
	Lits de séchage	Opérationnels
	Bloc de déshydratation	Hors service
Laboratoire d'analyse		Hors service

On présente dans ce tableau l'état de fonctionnement des parties de la STEP en prenant compte que la majorité des ouvrages sont anciens, dégradés (depuis 1983) et pour l'acier aussi il faut le refaire en Inox.

- Toutes les ouvrages ont un béton dégradé et l'usure de métal, toutes les étapes de traitement ont des perturbations ou des équipements hors service, de plus un débit plus élevé que la valeur normal, la station n'arrive pas à gérer.
- Manque de traitement primaire qui est essentiel pour un cas comme celui de la station de Bejaïa car il permet d'éliminer une quantité de MES, DCO et DBO5. De plus la majorité des industries déversent leurs eaux usées dans la step alors qu'elle est conçue que pour les eaux usées urbaine ce qui fait que les charges augmentent et que la step ne peut pas traiter tous les effluents.

II. Présentation de la STEP de Bejaia

II.7. Conclusion :

On conclue que Les eaux rejetées par la station d'épuration de la ville de Bejaïa ne respectent pas les normes réglementaires, ce qui entraîne un échec partiel de la principale fonction de cette installation, qui est de protéger la mer.

En effet, le rendement épuratoire de la STEP révèle un dysfonctionnement significatif. Si la station avait été correctement dimensionnée, ce problème pourrait être attribué à quelques causes apparentes :

- La défaillance d'un ou plusieurs dessableurs-déshuileurs perturbe les débits et les temps de séjour des eaux dans les autres composants de l'installation.
- En raison d'une fréquence de contrôle de la qualité des eaux relativement faible, le personnel d'exploitation ne peut pas adapter la conduite de la station aux fluctuations de la qualité des eaux brutes et s'assurer du respect des normes de rejet.
- L'absence d'un traitement de désinfection des eaux traitées avant leur rejet aggrave la situation.

Chapitre III
Réutilisation des eaux
usées épurées

III.1. Introduction :

Au 21^e siècle, le monde entier fait face au défi du changement climatique, ce qui rend la gestion de l'eau cruciale pour atteindre un équilibre entre l'offre et la demande d'eau de qualité. Cette tâche est particulièrement complexe dans les régions arides et semi-arides des pays en développement, où l'eau est rare, la population augmente rapidement et les ressources en eau sont limitées, surtout pendant les périodes de sécheresse et de demande élevée. Cela devient particulièrement préoccupant dans les régions où l'agriculture représente une part très importante de la consommation d'eau, atteignant parfois 70% de la consommation totale. C'est pourquoi la réutilisation de l'eau à l'échelle locale ou régionale peut être une solution intéressante à envisager.

III.2. Définition et objectifs :

La réutilisation des eaux usées est un élément essentiel du développement et de la gestion durable des ressources en eau. Elle offre une option viable pour l'agriculture, les municipalités et l'industrie. En substance, la réutilisation des eaux usées implique de récupérer ces eaux, éventuellement de les soumettre à un traitement complémentaire, puis de les utiliser à diverses fins dans le but de :

- Fournir des ressources d'eau supplémentaires pour divers usages et combler les pénuries d'eau ;
- Maintenir l'équilibre du cycle de l'eau ;
- Préserver l'environnement local.

III.3. Domaines de réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées traitées est largement adoptée à travers diverses formes de valorisation, avec des applications dans :

- L'agriculture ;
- L'industrie ;
- Les zones urbaines ;
- La production d'eau potable ;
- La recharge des nappes phréatiques ;
- La restauration des milieux humides ;
- Le maintien des niveaux d'eau des cours d'eau ;

III.3.1. La réutilisation agricole :

L'irrigation agricole est l'une des applications les plus courantes de la réutilisation des eaux usées, offrant des avantages pour les rendements des cultures tout en préservant l'environnement et les ressources en eau. Le traitement des eaux usées joue un rôle crucial, car il détermine la qualité des eaux épurées, qui peuvent contenir des éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore, le potassium, ainsi que des oligoéléments tels que le fer, le cuivre, le manganèse, le zinc, etc. Ces composés contribuent significativement à l'augmentation des rendements agricoles.

Les matières en suspension (MES) présentes dans les eaux usées, riches en matière organique, contribuent également à la fertilisation des sols. En utilisant les eaux usées épurées pour l'irrigation, on réalise en quelque sorte une fertilisation, en apportant simultanément de l'eau et des nutriments via le système d'irrigation.

Grâce à cette pratique, les agriculteurs peuvent disposer d'une source d'eau disponible tout au long de l'année, ce qui les encourage à accroître le niveau d'irrigation et à diversifier les cultures cultivées.

III.3.2. La réutilisation industrielle :

Au fil des dernières décennies, de nombreuses industries ont adopté une pratique croissante de réutilisation de leurs propres eaux usées traitées, ce qui leur permet de préserver les ressources en eau tout en réduisant leurs rejets.

Les utilisations de cette méthode varient considérablement. Les centrales électriques, les raffineries de pétrole, les manufactures, les usines de béton, les stations de lavage de voitures, les industries du papier et du textile, la production d'acier et l'industrie agroalimentaire sont autant d'exemples d'entreprises qui réutilisent les eaux usées traitées. Ces eaux sont employées pour le nettoyage des équipements, le fonctionnement des tours de refroidissement, l'alimentation des bouilloires et parfois comme eau de procédé, à l'exception de l'industrie agroalimentaire.

III.3.3. La réutilisation dans les zones urbaines :

Les possibilités d'utilisation des eaux épurées en zone urbaine sont très diversifiées, telles que :

- L'arrosage de parcs, de terrains de sport et d'aires de jeux ;
- La climatisation des immeubles, l'alimentation des chasses d'eau et des fontaines décoratives ;
- Les bassins d'agrément, les piscines, les bassins pour la pêche et les activités de navigation de plaisance ;
- Le lavage des voiries, des marchés, etc. ;
- Les réservoirs anti-incendie ;

III.3.4. La production de l'eau potable :

Les eaux usées traitées peuvent être directement utilisées comme eau potable, où elles sont acheminées vers les populations pour la consommation après leur traitement. On distingue des utilisations directes, indirectes planifiées et non planifiées.

- La réutilisation est directe lorsque l'eau épurée ne retourne jamais dans le milieu naturel, étant acheminée directement de la station d'épuration à l'usine de traitement d'eau potable. L'exemple unique de réutilisation directe se trouve à Windhoek, capitale de la Namibie, en Afrique.
- La réutilisation est indirecte et non planifiée lorsque les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui alimente une usine de traitement.
- La réutilisation est indirecte et planifiée lorsqu'elle consiste à délibérément rejeter les effluents de la station en amont d'une usine de traitement, au niveau du plan d'eau ou de la nappe qui sert d'ultime réservoir naturel avant le pompage et le traitement.

Il est important de noter, d'un point de vue sanitaire, qu'aucune incidence sur la santé n'a été relevée, que ce soit à Windhoek où la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) est pratiquée depuis plus de 25 ans.

III.3.5. La recharge des nappes :

Le dispositif de recharge de nappe vise à permettre l'infiltration ou la percolation des eaux usées épurées dans le sous-sol dans le but de :

- Restaurer une nappe surexploitée, dont le niveau est abaissé par un pompage excessif, causant des préjudices ;
- Protéger les aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée ;
- Stocker les eaux pour une utilisation ultérieure ;
- Améliorer le niveau de traitement de l'eau en utilisant le pouvoir d'autoépuration du sol ;
- Préserver l'environnement en évitant le rejet des effluents dans les cours d'eau ou en mer.

III.4. Avantages de la réutilisation des eaux :

Le recyclage des eaux usées présente de nombreux avantages :

- **Ressource alternative :**
 - Augmentation de la disponibilité en eau et flexibilité d'approvisionnement, réduisant ainsi la demande globale en eau ;
 - Utilisation possible des eaux usées épurées à tout moment ;
 - Différer la mobilisation d'autres ressources en eau ;
 - Garantir une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- **Conservation et préservation des ressources :**
 - Economie d'eau potable pour la réserver aux usages domestiques ;
 - Utilisation d'une ressource en eau supplémentaire ;
 - Réduction de l'utilisation des ressources telles que les eaux de surface et les eaux souterraines, évitant ainsi leur surexploitation.
- **Valeur économique ajoutée :**
 - Dans certains cas, éviter les coûts liés à l'élimination des nutriments des eaux usées ;
 - Réduction ou élimination de l'utilisation d'engrais chimiques en irrigation ;
 - Possibilité de générer des revenus supplémentaires grâce à la vente d'eau recyclée et de produits dérivés ;
 - Fournir des avantages économiques aux utilisateurs en leur offrant une source d'eau recyclée en cas de sécheresse.
- **Valeur environnementale :**
 - Amélioration et préservation des plans d'eau pendant les périodes de sécheresse ;
 - Evitement des impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc. ;
 - Amélioration du cadre de vie et de l'environnement, notamment en créant des espaces verts ;
 - Utilisation des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour accroître la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

▪ **Développement durable :**

- Réduction des coûts énergétiques et environnementaux par rapport à l'exploitation des aquifères profonds, au transport d'eau sur de longues distances, au dessalement, etc. ;
- Fourniture d'une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides ;
- Accroissement de la production alimentaire grâce à l'irrigation.

III.5. Réutilisation des eaux usées en Algérie :

Pendant longtemps, la réutilisation des eaux usées traitées a été négligée en raison de l'état défectueux des stations d'épuration qui ont nécessité une réhabilitation. Toutefois, elle est devenue un pilier essentiel de la nouvelle politique de l'eau avec la remise en état des anciennes stations d'épuration et la construction de nouvelles installations. De nombreux projets d'irrigation basés sur l'utilisation des eaux usées traitées sont actuellement en cours d'étude ou déjà réalisés.

Parmi les stations d'épuration gérées par l'ONA (Office National d'Assainissement) dans les 43 wilayas, certaines sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, notamment les STEP de Ouargla, Guelma, Tlemcen, Mascara, Tizi et Boumerdes. En 2011, environ 17 millions de m³ d'eau réutilisée ont été estimés pour irriguer plus de 10 000 hectares de terres agricoles. Ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées a connu une évolution significative, atteignant environ 45 millions de m³ enregistrés en 2012, puis 300 millions de m³ en 2014.

L'émergence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture, ainsi que la présence de textes réglementaires définissant les modalités de réutilisation des eaux usées et établissant la liste des cultures et les conditions pour leur irrigation par les eaux usées épurées, ont favorisé la promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées.

- Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 41, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent (JO, 2012). [8]
- L'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012, promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé, fixe les spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles et la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Tableau 5 : Norme Algérienne : Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles (JO, 2012)

Paramètre	Symbole	Unité	Concentration maximale ^a	
pH	-		6,5 < pH < 8,5	
Conductivité électrique	CE	dS/m	3	
Demande chimique en oxygène	DCO	mg O ₂ /L	90	
Matière en suspension	MES	mg/L	30	
Chlorures	Cl	mg/L	10	
Sodium	Na	mg/L	1000	
Pourcentage de Sodium Adsorbé (Infiltration)				
SAR = 0-3			0,2	
SAR = 3-6			0,3	
SAR = 6-12			0,5	
SAR = 12-20			1,3	
SAR = 20-40			3	
Eléments toxiques ^b	Phénols		mg/L	0,002
	Aluminium	Al	mg/L	5
	Arsenic	As	mg/L	0,1
	Béryllium	Be	mg/L	0,1
	Bore	B	mg/L	2,0
	Cadmium	Cd	mg/L	0,01
	Cobalt	Co	mg/L	0,05
	Chrome	Cr	mg/L	0,1
	Cuivre	Cu	mg/L	0,2
	Cyanures		mg/L	0,05
	Fer	Fe	mg/L	5,0
	Fluor	F	mg/L	1,0
	Lithium	Li	mg/L	2,5
	Manganèse	Mn	mg/L	0,2
	Mercure	Hg	mg/L	0,001
	Molybdène	Mo	mg/L	0,01
	Nickel	Ni	mg/L	0,2
	Plomb	Pb	mg/L	5,0
	Sélénium	Se	mg/L	0,02
	Vanadium	V	mg/L	0,1
	Zinc	Zn	mg/L	2,0
(a) Une tolérance de 10 % maximum est acceptable pour une mesure à condition que ce dépassement ne se représente pas plus de trois fois pour des campagnes d'analyses consécutives				
(b) Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin				

Tableau 6: Norme Algérienne : Spécifications microbiologiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles (JO, 2012)

Groupe de culture	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	Nématodes intestinaux (œufs/1)
Irrigation non restrictive, culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits, légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1), cultures et arbustes fourragers (2), cultures céréalières, cultures industrielles (3), arbres forestiers. plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

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

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

III.6. Cas de la STEP de la ville de Bejaia :

Dans le projet de la conception de la station d'épuration de la commune de Bejaia, les eaux usées épurées peuvent être réutilisé par :

- La Direction régionale de transport par canalisation (SONATRACH) pour un système d'anti incendie avec un débit de 8600m³.
- La station centrale de la protection civile pour un débit de 6000m³
- Les eaux de refroidissement pour l'industrie CEVITAL avec un débit de 720m³/jr

III.7. Conclusion :

Ce chapitre traite des différentes méthodes utilisées pour assurer une bonne qualité d'eau, particulièrement adaptée à l'irrigation. Chaque technique joue un rôle essentiel dans l'épuration des eaux usées, permettant ainsi de choisir entre la réutilisation de l'eau ou son rejet dans le milieu naturel de manière appropriée.

La configuration d'une station d'épuration repose sur divers paramètres, où l'objectif principal de notre station est d'obtenir une qualité d'eau purifiée qui répondra aux besoins agricoles tout en préservant l'environnement. Cela dépend des charges polluantes générées par les eaux usées que la STEP doit traiter.

Chapitre IV

Dimensionnement de la station d'épuration

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.1. Introduction :

Afin de mettre en place une station de traitement des eaux usées, il est essentiel de comprendre les propriétés physico-chimiques des eaux usées qui sont évacuées dans notre région, ainsi que leur source. Cela nous permettra de concevoir un processus de traitement qui respecte les normes fixées par notre objectif qui est la réutilisation des eaux traitées.

IV.2. Evaluation des besoins et des charges polluantes :

L'objectif de l'analyse des besoins en eau consiste à identifier comment la population de la région étudiée évolue au fil du temps, ainsi que l'évolution de ses demandes en matière d'eau potable à l'horizon 2031 et 2051.

Il y a deux catégories de consommation :

- La consommation résidentielle.
- La demande liée aux équipements.

IV.2.1. Calcul du débit d'eau usée domestique et d'équipements :

La formule suivante nous donne les débits d'eaux usées domestiques :

$$Q_{\text{moy j dom}} = \text{Dot} \times N_{\text{hab}} \times \text{Cr} \dots \dots \dots (1)$$

Pour l'horizon 2031 : $Q_{\text{moy j dom}} = 150 \times 98480 \times 0,8 = 11817,6 \text{ m}^3/\text{jr}$

Pour l'horizon 2051 : $Q_{\text{moy j dom}} = 150 \times 149232 \times 0,8 = 17907,84 \text{ m}^3/\text{jr}$

$Q_{\text{moy j dom}}$: débit moyen journalier des eaux usées domestique (m^3/j) ;

N_{hab} : Nombre d'habitants

Dot : dotation en eau potables consommé par habitant estimé à 150 l/hab/jr

Cr : coefficient de rejet estimé à 80% ;

La formule suivante nous donne les débits d'eaux usées des équipements :

$$Q_{mj} = 0,2 \times Q_{mj \text{ dom}} \dots \dots \dots (2)$$

Pour l'horizon 2031 : $Q_{mj} = 0,2 \times 11817,6 = 2363,52 \text{ m}^3/\text{jr}$

Pour l'horizon 2051 : $Q_{mj} = 0,2 \times 17907,84 = 3581,568 \text{ m}^3/\text{jr}$

Q_{mj} : débit moyen journalier des équipements en m^3/j ;

$Q_{mj \text{ dom}}$: débit moyen journalier des eaux usées domestique (m^3/j) ;

Remarque : Selon les informations fournies par la DRE de Bejaïa, il est nécessaire d'augmenter le débit actuel pour intégrer efficacement la demande en eau des équipements situés à Bejaïa. En l'estimant à 20% du débit des eaux usées domestique.

IV.2.2. Calcul de débit total :

C'est la somme des débits d'eau usée domestique et des équipements.

$$Q_{\text{moy,j,tot}} = Q_{\text{moy,j,dom}} + Q_{j,\text{équi}} \dots \dots \dots (3)$$

Pour l'horizon 2031 : $Q_{\text{moy,j,tot}} = 11817,6 + 2363,52 = 14181,12 \text{ m}^3/\text{jr}$

Pour l'horizon 2051 : $Q_{\text{moy,j,tot}} = 17907,84 + 3581,568 = 21489,4 \text{ m}^3/\text{jr}$

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.2.3. Débit horaire :

$$Q_{moy h} = \frac{Q_{moy j tot}}{24} \dots\dots\dots (4)$$

$Q_{moy,h}$: débit moyen horaire (m³ /h) ;

$Q_{moy,j}$: débit moyen journalier(m³ /j) ;

- Pour l'horizon 2031 :

$$Q_{moy h} = \frac{14181,12}{24} = 590,88 \text{ m}^3/\text{jr}$$

- Pour l'horizon 2051 :

$$Q_{moy h} = \frac{21489,4}{24} = 895,38 \text{ m}^3/\text{jr}$$

IV.2.4. Débit moyen diurne :

La période ou la station d'épuration reçoit un maximum de volume des eaux usées.

$$Q_d = \frac{Q_{mj tot}}{16} \dots\dots\dots (5)$$

- Pour l'horizon 2031 :

$$Q_d = \frac{14181,12}{16} = 886,32 \text{ m}^3/\text{jr}$$

- Pour l'horizon 2051 :

$$Q_d = \frac{21489,4}{16} = 1343,08 \text{ m}^3/\text{jr}$$

Q_d : Débit moyen diurne (m³/h) ;

IV.2.5. Equivalent habitant :

$$EH = \frac{Q_{mj tot} \times 1000}{C_r \times dot} \dots\dots\dots (6)$$

Donc :

- Pour l'horizon 2031 : $EH = \frac{14181,12 \times 1000}{0,8 \times 150} = 177264$

- Pour l'horizon 2051 : $EH = \frac{21489,4 \times 1000}{0,8 \times 150} = 268617$

IV.2.6. Débit de pointe en temps sec (Q_{pts}) :

Un débit de pointe en temps est donné dans la formule suivante :

$$Q_{pts} = K_P \times Q_{mj tot} \dots\dots\dots (7)$$

K_p : coefficient de pointe (m³/jr) ;

$Q_{mj tot}$: débit moyen journalier total (m³/jr) ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

$$\left\{ \begin{array}{l} K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mj}}} \text{ si } Q_{mj} > 2,8 \text{ l/s} \\ K_p = 3 \text{ si } Q_{mj} < 2,8 \text{ l/s} \end{array} \right.$$

Donc :

- Pour l'horizon 2031 : $K_p = 1,695 \longrightarrow Q_{pts} = 24036,99 \text{ m}^3/\text{j}$
- Pour l'horizon 2051 : $K_p = 1,658 \longrightarrow Q_{pts} = 35629,42 \text{ m}^3/\text{j}$

IV.2.7. Débit de pointe temps de pluie :

La formule de débit de pointe en temps de pluie est donnée dans la formule suivante :

$$Q_{ptp} = Cd \times Q_{pts} \dots\dots\dots (8)$$

Cd : coefficient de dilution compris entre 3 et 5 ;

Donc on prend Cd = 3 :

- Pour l'horizon 2031 : $Q_{ptp} = 3 \times 24036,99 = 59304,96 \text{ m}^3/\text{j}$
- Pour l'horizon 2051 : $Q_{ptp} = 3 \times 35629,42 = 106888,26 \text{ m}^3/\text{j}$

Le résultat des calculs précédents sont récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Récapitulatif de calcul des débits pour l'horizon 2031 et 2051

Paramètres	Horizon	
	2031	2051
Habitants	98480	149232
Equivalent habitant (eq.hab)	177264	268617
Dotation (l/hab/jr)	150	150
Coefficient de rejet (%)	80	80
Débit moyen journalier des eaux usées domestique (m ³ /jr)	11817,6	17907,84
Débit moyen journalier eaux usées des équipements (m ³ /jr)	2363,52	3581,68
Débit moyen journalier total des eaux usées (m ³ /jr)	14181,12	21489,4
Débit moyen horaire (m ³ /h)	590,88	895,39
Débit moyen diurne (m ³ /h)	886,32	1343,08
Coefficient de pointe K _P	1,695	1,658
Débit de pointe par temps sec (m ³ /jr)	24036,99	35629,42
Débit de pointe par temps de pluie (m ³ /jr)	72110,97	106888,26

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.3. Evaluation des charges polluantes :

IV.4. Analyses des eaux usées de la région de Béjaïa :

Voici un tableau qui représente des analyses d'eau donné par la STEP de bougie plage prise en 2021 avec un seul échantillon par mois et ces analyses ont été faites au niveau de laboratoire de la station. [2]

Tableau 8 : analyse d'eau usée de la STEP de Bejaïa

Paramètres		Horizon
		2021
Types de réseau	unitaire	
Nature des eaux usées	domestique	
Paramètre	unité	Valeur
Température	(C°)	26,6
PH		7,92
Conductivité (CE)	mS/cm	2040
MES	mg/l	744,33
DBO ₅	mg/l	560
DCO	mg/l	856
N-NO ₂	mg/l	0,04
N-NO ₃	mg/l	7
Po ₄	mg/l	15,2
Pt	mg/l	19,7
K	mg/l	2,4
Nt	mg/l	24

IV.4.1. Processus de calculs des charges polluantes :

La charge polluante est calculée par la relation suivante :

$$\text{La charge en matière polluante} = C * Q_j \text{ (kg/j) } \dots\dots\dots (9)$$

C : concentration de la matière polluante (mg/l) ;

Q_j : le débit total journalier entré à la STEP (m³/jr) ;

- **Calcul de la biodégradabilité :**

Le coefficient de biodégradabilité est donné par la formule suivante :

$$\frac{DCO}{DBO_5} = \frac{856}{560} = 1,53$$

La valeur indique que notre eau usée urbaine est facilement biodégradable.

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Récapitulons les calculs des charges polluantes dans tableau ci-dessous :

Tableau 9 : résultat de calcul des charges polluantes

Paramètres		Horizon	Horizon
		2031	2051
Charge polluante	unité	valeur	Valeur
DBO5	Kg/jr	7941,43	12034,06
DCO	Kg/jr	12139,04	19394,92
MES	Kg/jr	10555,43	15995,20
N-NO2	Kg/jr	0,57	0,86
N-NO3	Kg/jr	99,27	150,42
Po4	Kg/jr	215,55	326,64
Pt	Kg/Jr	279,37	423,34
Nt	Kg/jr	840,94	1274,32
K	Kg/jr	30,35	46
K= (DCO/DBO5)	Kg/jr	1,53	1,53

IV.5. Calcul de dimensionnement de la STEP de Béjaia :

Afin d'analyser un projet visant à construire une station d'épuration des eaux usées ou de proposer un processus de traitement pour les eaux usées, il est essentiel de disposer préalablement de certaines données fondamentales nécessaires pour dimensionner la station d'épuration. Ces données incluent :

- Le nombre d'équivalents habitants (EqH).
- Le débit total journalier.
- Le débit moyen horaire.
- Le débit de pointe en temps sec et en temps de pluie.
- Les charges polluantes, notamment la demande biochimique en oxygène (DBO5) et les matières en suspension (MES) (en kilogrammes par jour).

Typiquement, une station d'épuration comprend les éléments suivants :

- Un poste de relevage pour les eaux brutes.
- Un prétraitement, qui comprend des opérations telles que le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.
- Traitement primaire avec une décantation physique.
- Un traitement biologique, comprenant un bassin d'aération et un décanteur secondaire pour la clarification.
- Un traitement des boues, qui peut inclure des étapes telles que l'épaississement, la déshydratation et l'utilisation d'un lit de séchage.

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Le dimensionnement effectué ci-dessous est pour l'horizon 2051 :

IV.5.1. Prétraitement :

IV.5.1.1. Dimensionnement de dégrilleur :

La méthode de KIRSHMER est utilisée pour le calcul de la grille :

$$B = \frac{S \times \sin \theta}{h_{max} \times (1-a) \times c} \quad / \quad a = \frac{d}{d+e} \dots\dots\dots (10)$$

B : largeur de la grille (m) ;

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

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

a : Fraction de surface occupée par des barreaux tel que :

d : Epaisseur des barreau (cm) ;

e : Espacement des barreaux (cm) ;

Tableau 10: Espacement et épaisseur des barreaux

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

S : Surface de la grille ;

c : Coefficient de colmatage de grille :

- Pour une grille manuelle, c= (0,1 à 0,3) ;
- Pour une grille mécanique, c= (0,4 à 0,5) ;

IV.5.1.1.1 La surface :

$$S = \frac{Q_{pts}}{a \times V_e \times c} \dots\dots\dots (11)$$

V_e: Vitesse de passage de l'effluent à travers la grille (m/s), comprise entre **0.3 et 1.4 m/s**.

IV.5.1.2. Dimensionnement de dégrilleur grossier :

Tableau 11: données initiale pour dimensionnement de dégrilleur grossier

Paramètre	Q _{pts} (m ³ /s)	V _e (m/s)	θ	H _{max} (m)	d (cm)	e (cm)	c
valeur	0.41	1,4	60	1,5	2	5	0,5

D'après les données de tableau on trouve :

$$a = \frac{2}{2+5} = 0,28$$

$$S = \frac{0,41}{0,28 \times 1,4 \times 0,5} = 2m^2$$

III. Dimensionnement de la station d'épuration

$$B = \frac{2 \times \sin 60}{1,5 \times (1 - 0,28) \times 0,5} = 3,2m$$

IV.5.1.3. Dimensionnement du dégrilleur fin :

Tableau 12: données initiale pour dimensionnement de dégrilleur grossier

Paramètre	Q _{pts} (m ³ /s)	Ve (m/s)	θ	H _{max} (m)	d (cm)	e (cm)	c
valeur	0.41	1,4	60	1,5	1	2	0,5

$$a = \frac{1}{1 + 2} = 0,33$$

$$S = \frac{0,41}{0,33 \times 1,4 \times 0,5} = 1,77m^2$$

$$B = \frac{1,77 \times \sin 60}{1,5 \times (1 - 0,33) \times 0,5} = 3m$$

Remarque : pour diminuer la largeur de des deux dégrilleurs on divise la largeur et la surface sur deux pour avoir deux dégrilleur grossier et fins.

Donc :

- **Dégrilleur fins :** B = 1.5m ; S = 0,9m²
- **Dégrilleur grossier :** B= 1.6m ; S = 1m²

IV.5.1.4. Calcul nombre des barreaux :

$$N = \frac{B-e}{e+d} \dots\dots\dots (12)$$

Avec :

- d : diamètre des barreaux ;
- e : espacement des barreaux ;
- N : nombre des barreaux ;
- B : largeur de la grille ;

Résultats de calcul de nombre des barreaux pour un dégrilleur grossier et un dégrilleur fin :

Dégrilleur grossier	Dégrilleur fin
$N = \frac{1,6-0,05}{0,05+0,02} = 23$ barreaux	$N = \frac{1,5-0,002}{0,01+0,002} = 125$ barreaux

IV.5.1.5. Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge sont calculées par la formule KIRSCHMER :

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \times \sin\theta \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) \dots\dots\dots (13)$$

d : Diamètre des barreaux (cm) ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

β : Coefficient qui tient compte de la forme des barreaux ;

Tableau 13: Valeurs de coefficient β en fonction de type des barreaux

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

On choisit la section rectangulaire pour éliminer un maximum de déchets et minimiser les vides donc $\beta = 2,42$.

IV.5.1.5.1 Cas de dégrilleur grossier :

$$\Delta H = 2,42 \times \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{4}{3}} \times \sin 60 \times \left(\frac{1,4^2}{2 \times 9,81}\right) = 6,1 \text{ cm}$$

IV.5.1.5.2 Cas dégrilleur fin :

$$\Delta H = 2,42 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4}{3}} \times \sin 60 \times \left(\frac{1,4^2}{2 \times 9,81}\right) = 8,3 \text{ cm}$$

IV.5.1.6. Calcul de volume déchet retenu :

$$\frac{12}{e} < V_{ret} < \frac{15}{e} \dots\dots\dots (14)$$

IV.5.1.6.1 Grille grossière :

$$V_{ret_{max}} = 15/5 = 3L/Eq/an$$

$$V_{ret_{min}} = 12/5 = 2,4 L/Eq/an$$

Donc :

$$V_{max} = \frac{N \times V_{ret_{max}} \times 10^{-3}}{365} = 0,19 \text{ m}^3/j$$

$$V_{min} = \frac{N \times V_{ret_{min}} \times 10^{-3}}{365} = 0,15 \text{ m}^3/j$$

Tel que :

N : le nombre d'équivalent habitant (268617 eq.hab) ;

$V_{ret_{max}}$: Le volume maximum retenu par la grille par habitant;

$V_{ret_{min}}$: Le volume minimum retenu par la grille par habitant;

V_{max} : Le volume maximum par la grille par jour ;

V_{min} : : Le volume minimum par la grille par jour :

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.5.1.6.2 Grille fine :

$$V_{ret_{max}} = 15/0,5 = 30 \text{ L/Eq/an}$$

$$V_{ret_{min}} = 12/0,5 = 24 \text{ L/Eq/an}$$

Donc :

$$V_{max} = \frac{N \times V_{ret_{max}} \times 10^{-3}}{365} = 10,1 \text{ m}^3/\text{j}$$

Tableau 14: Résultat finaux de calcul de dégrilleur

Horizon 2051 avec Qpts=0,15 m³/s			
Paramètre	unité	Deux Grille grossière	Deux Grille fine
La hauteur d'eau (hmax)	m	1,5	1,5
Epaisseur des barreaux (d)	cm	2	1
Espacement des barreaux (e)	cm	5	2
Largeur de la grille (B)	m	1,6	5
Surface (S)	m ²	1	0,89
Perte de charge (ΔH)	cm	6,1	8,3
Volume maximal des déchets (Vmax)	m ³ /j	0,19	10,1
Volume minimal des déchets (Vmin)	m ³ /j	0,15	5
Nombre des barreaux	/	23	123

IV.5.2. Dimensionnement de déssableur-déshuileur :

Dans notre cas, l'eau usée est d'origine urbaine donc on peut réaliser le dessableur et déshuileur dans le même ouvrage à condition de prendre le plus grand.

Les données de base pour le calcul de dessableur déshuileur sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 15: données initiale pour calcul de dessableur-deshuileur

Paramètres	Qpts (m ³ /h)	H (m)	Vs (m/h)	T _s (min)
valeur	1484,55	4	15	15

Avec :

H : Profondeur du bassin (**H = 3 à 5m**) ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Vs : La valeur de Vs est comprise **10 à 15 m/h** pour un débit de pointe en temps de sec ;

ts : Le temps de séjour de **8 à 15 minutes** pour le dégraisseur ;

IV.5.2.1.1 Calcul de volume de bassin :

$$V = Q_{pts} * t_s \longrightarrow V = 1484,85 * 15/60 = 371\text{m}^3$$

IV.5.2.1.2 Calcul de la surface horizontale :

$$Sh = \frac{Q_{pts}}{V_s} = \frac{1484,55}{15} = 99 \text{ m}^2$$

IV.5.2.1.3 Calcul de la longueur et largeur :

On a : $Sh = L * l$ et $L = 2 * l \longrightarrow l = \sqrt{\frac{Sh}{2}} = \sqrt{\frac{99}{2}} = 7$

Donc on déduit la longueur : **L = 14m**

IV.5.2.1.4 Volume d'air à insuffler dans le dessableur :

On a le volume d'eau nécessaire pour un mètre cube d'air est égal à 0,3 m³ d'eau/m³ d'air.

Donc :

$$Q_{air} = Q_{pts} * Q_{air} \dots\dots\dots (15)$$

$$Q_{air} = 0,3 * 1484,85 = 445, 5\text{m}^3 \text{ d'air/h}$$

IV.5.2.1.5 Calcul des charges polluantes éliminées par le dessableur-déshuileur :

Le dessableur permet d'éliminer une quantité de 80% des matières minérales (MM) qui représente 20% de MES et les autres 80% représentent les MVS.

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

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

Tel que **MES = 15995,20 kg/j**

- Les matières minérales totales : **MM = 0,20 * 15995,20 = 3199,04 kg/j**
- Les matières volatiles en suspension : **MVS = 0,80 * 15995,2 = 12796,16 kg/j**
- Les matières minérales éliminées par le dessableur : **MMe = 0,80 * 3199,04 = 2559,23 kg/j**
- Les matières minérales à la sortie de dessableur : **MMs = 3199,04 – 2559,23 = 639,81 kg/j**
- MES sortant du dessableur : **MESs = 12796,16 + 639,81 = 13435,97 kg/j**

Récapitulons notre calcul dans le tableau suivant :

Tableau 16: Récapitulatif de dimensionnement de dessableur-déshuileur

Paramètre	Unité	Valeur
-----------	-------	--------

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Volume (m)	m ³	371
Surface horizontale (<i>Sh</i>)	m ²	99
Hauteur (H)	m	4
Longueur (L)	m	14
Largeur (l)	m	7
Temps de séjour par temps sec ()	min	15
volume d'air à insuffler (<i>Qair</i>)	m ³ d'air/h	445,5
Matières minérales totales (MM)	kg/j	3199,04
Matières volatiles en suspension (MVS)	kg/j	12796,16
Matières minérales éliminées (<i>MMe</i>)	kg/j	2559,23
Matières minérales à la sortie (<i>MMs</i>)	kg/j	639,81
MES sortant (<i>MESs</i>)	kg/j	13435,97

IV.5.3. Traitement primaire :

IV.5.3.1.1 Dimensionnement de décanteur primaire :

Dans notre projet on va utiliser une décantation physique qui est estimée suffisante pour notre type d'effluent et pour cela on utilise ces données de base :

Tableau 17: données initiale pour calcul de décanteur primaire

Paramètres	Qpts (m ³ /h)	H (m)	Vc (m/h)	Ts (h)
valeur	1484,55	2	2	1

Tel que :

Vc : la vitesse de chute (charge superficielle) ;

Ts : temps de séjour (h) ;

H : la hauteur d'eau (m) ;

IV.5.3.1.2 Calcul de volume de décanteur :

$$V_{dp} = Q_{pts} * t_s \dots\dots\dots (16)$$

$$V_{dp} = 1484,55 * 1 = \mathbf{1484 \text{ m}^3}$$

IV.5.3.1.3 Calcul de la surface de décanteur :

$$Sh = \frac{Q_{pts}}{V_c} = \frac{1484}{2} = \mathbf{742 \text{ m}^2}$$

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.5.3.1.4 Calcul de diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 31 \text{ m}$$

IV.5.3.2. Evaluation des charges éliminées par le décanteur :

La décantation physique permet d'éliminer 35% de DBO5 et DCO, aussi 75% de MES donc on récapitule les quantités éliminées dans le tableau suivant :

Tableau 18 : quantités éliminée par le décanteur primaire

polluants	entrée(mg/l)	Sortie (mg/l)	entrée(kg/j)	sortié (kg/J)
DBO5	560	364	19952,22	14964,16
DCO	856	556,4	30498,78	22874,08
MES	377,1	94,27	13435,85	3358,96

D'après le résultat de tableau on remarque que ces trois polluants ne sont pas encore au-dessous de la norme donc il faut continuer le traitement.

IV.5.4. Traitement secondaire :

La station d'épuration de Bejaia utilise un traitement à boues activées, avant de commencer le dimensionnement on doit d'abord calculer le taux d'abattement pour définir le choix de procédé et choisir la charge massique et la charge volumique adéquate.

Tableau 19: charge volumique (Cv) et la charge massique (Cm) en fonction de rendement

Caractéristiques	Moyenne et forte charge	Très forte charge
Type de remplissage	Plastique	Plastique
Charge hydraulique(m ³ · m ⁻² · h ⁻¹)	1,8	1,6 - 8
Charge volumique(kg DBO ₅ · m ⁻³ · j ⁻¹)	0,6 - 3,2	> 3
Taux de recirculation	1 - 2	0 - 2
Hauteur (m)	3 - 8	3 - 6
Rendement en DBO ₅(%)	60 - 90	40 - 70
Nitrification	Non	Non

IV.5.4.1. Calcul de taux d'abattement :

$$R = \frac{\text{Concentration de DBO5entrée} - \text{Concentration de DBO5sortie}}{\text{Concentration de DBO5entrée}} \times 100$$

$$R = \frac{364 - 30}{364} \times 100 = 91,75\%$$

Le type de procédés par boues activées est un procédés à faible charge, tel que :

- La charge massique : $0,1 < Cm < 0,25 \text{ Kg DBO}_5 \cdot \text{KgMS}^{-1}\text{j}^{-1}$.

III. Dimensionnement de la station d'épuration

- La charge volumique : $0,3 < C_v < 0,7 \text{ Kg DBO5} \cdot \text{m}^{-3}\text{j}^{-1}$

IV.5.4.2. Dimensionnement du bassin d'aération :

IV.5.4.2.1 Calcul de volume de bassin :

$$C_v = \frac{S_0}{V_{ba}} \rightarrow V_{ba} = \frac{S_0}{C_v} = 11346,5 \text{ m}^3$$

IV.5.4.2.2 La surface horizontale :

La hauteur est généralement comprise entre 3 et 5m

On prend **H=3m** :

$$Sh = \frac{V_{BA}}{h} = \frac{11346,5}{3} = 3782,13 \text{ m}^2$$

IV.5.4.2.3 La longueur et la largeur de bassin :

$$Sh = L * l = 2 * l^2 \dots \dots \dots (17)$$

Puisque : $L = 2 * l$

Donc :

$$l = \sqrt{\frac{Sh}{2}} = \sqrt{\frac{3782,13}{2}} = 43,5 \text{ m}$$

$$\longrightarrow L = 2 * l = 87 \text{ m}$$

IV.5.4.3. Calcul des charges :

On a : $C_{\text{DBO5}} = [\text{DBO5}] * Q_j \dots \dots \dots (18)$

On récapitule les calculs dans le tableau suivant :

Tableau 20: calcul des charges polluantes

Charge polluante de DBO5 éliminé (kg DBO5/jr)	6878,76
Charge polluante de DBO5 à la sortie (kg DBO5/jr)	1063,72

IV.5.4.4. Calcul de la masse des boues dans le bassin :

$$C_m = \frac{L_0}{X_a} \dots \dots \dots (19)$$

$$\longrightarrow X_a = \frac{L_0}{C_m} = \frac{7942,48}{0,25} = 31769,92 \text{ kg}$$

IV.5.4.5. Concentration des boues dans le bassin :

$$[X_a] = \frac{X_a}{V_{ba}} = \frac{31769,92}{11346,4} = 2,8 \text{ kg/m}^3$$

IV.5.4.6. Calcul besoin d'oxygène :

$$q_{O_2} = \dot{a} * L_e + \dot{b}' * X_a \dots \dots \dots (20)$$

Avec :

III. Dimensionnement de la station d'épuration

qo2 : Besoin en oxygène en (**kgO2/j**) ;

à : Coefficient déterminant la fraction d'oxygène consommée pour fournir de l'énergie de synthèse. **à = 0.6 à faible charge**;

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

b` : Coefficient cinétique de la respiration endogène. **b` = 0,07 à faible charge** ;

Xa : La masse total de boues présente dans le bassin d'aération (**kg**) ;

$$qo2 = (0,6 * 6878,76) + (0,07 * 31769,92) = \mathbf{6351,15 \text{ kg O2/ j}}$$

IV.5.4.7. Calcul de besoin en énergie de l'aération :

Les aérateurs de surface sont généralement compris entre 1 et 2 kgO2/Kwh et pour un aérateur à vitesse faible les valeurs sont compris entre 1.5 à 2 kgO2/Kwh, on prendra $Ea = 2 \text{ kgO2/Kw}$.

On a :

$$E = \frac{Q'O_{2,h}}{Ea} \dots\dots\dots (21)$$

E : Puissance nécessaire à l'aérateur en (Kw) ;

$q'O_{2,h}$: Quantité horaire d'oxygène nécessaire ($kgO2/h$) ;

Ea : Quantité d'oxygène par unité de puissance ($kgO2/Kwh$) ;

Donc :

$$E = \frac{311,33}{2} = \mathbf{155,66 \text{ Kw}}$$

IV.5.4.7.1 Puissance d'agitation :

$$Eb = sh \times Pc \dots\dots\dots (22)$$

Eb : Puissance d'agitation en (Kw)

Sh : surface horizontale du bassin en (m^2)

Pa : puissance par m^2 du bassin. Elle varie entre 70 et 80 w/ m^2 . On prend $Pa = 75 \text{ W/m}^2$

Donc :

$$Eb = 3782,13 \times 75 = \mathbf{283,66 \text{ Kw}}$$

IV.5.4.7.2 Nombre d'aération :

$$n = \frac{E}{Eb} = \frac{155,66}{283,66} = \mathbf{1}$$

IV.5.4.8. Bilan des boues :

IV.5.4.8.1 Calcul de la quantité des boues en excès :

$$\Delta x = X_{min} + X_{dur} + am*Le - b*Xa - X_{eff} \dots\dots\dots (23)$$

Xmin : Boues minérales (20% de MES) en (kg/j) ;

Xdur : Boues difficilement biodégradable (20% de MVS) en (kg/j) ;

am : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par (élimination de DBO5), **am = 0,5** ;

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

III. Dimensionnement de la station d'épuration

b : Fraction de la masse cellulaire éliminé par jour en respiration endogène, **b= 0,06**

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

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

On a : **MESs = 3358,96 kg/j**

Donc : $X_{min} = 20\% \text{ MESs} = \mathbf{671,792kg/j}$

$$X_{dur} = 20\% \text{ MVS} = 20\% * 80\% * \text{MESs} = \mathbf{537,43 kg/j}$$

$$\longrightarrow \Delta B = 671,79 + 537,43 + (0,5 * 6878,76) + (0,06 * 31769,92) - 1068,88 = \mathbf{5485,9 Kg/j}$$

IV.5.4.8.2 Concentration des boues en excès :

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots\dots\dots (24)$$

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

Im : Indice de Mohlman qui est le volume en (m) occupée par un gramme de boue après 30 minutes de décantation ;

- Si $80 < I_m < 150$: les boues 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 : **Im = 130**

Donc : $X_m = 1200 / 130 = \mathbf{9,23 kg/m^3}$

IV.5.4.8.3 Débit des boues en excès :

$$Q_{excès} = \frac{\Delta B}{X_m} = \frac{5485,91}{9,23} = \mathbf{594,3 \frac{m^3}{j}}$$

IV.5.4.8.4 Taux de recyclage :

$$R = \frac{100 \times [X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]} = \mathbf{43,55\%}$$

IV.5.4.8.5 Débit des boues recyclées :

$$Q_r = R * Q_j$$

$$\longrightarrow Q_r = 0,435 * 35629,42 = \mathbf{15498,79 m^3/j}$$

IV.5.4.8.6 Age des boues :

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta B} = \frac{31769,92}{5485,91} = \mathbf{6jr}$$

IV.5.4.9. Dimensionnement du clarificateur :

On a les données suivantes :

La hauteur du clarificateur $H= 3m$;

Le temps de séjour $t_s = 2$ à 3 h, donc **ts = 2h** ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

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

IV.5.4.9.1 Calcul de la Surface:

$$S_c = \frac{Q_{pts}}{V_{as}} = \frac{1484,55}{1} = 1484,55 \text{ m}^2$$

IV.5.4.9.2 Calcul de volume total :

$$V = Q_{pts} * t_s = 1484,55 * 2 = 2969,1 \text{ m}^3$$

IV.5.4.9.3 Calcul du diamètre :

$$D_c = \sqrt{\frac{4 * S_c}{\pi}} = 43,47 \text{ m}$$

Le calcul de traitement secondaire est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau 21: récapitulatif des calculs de traitement secondaire

Paramètres	Unité	Horizon 2051
Bassin d'aération		
Le débit de pointe en temps sec (Qpts)	m ³ /h	1484,55
Volume du bassin (V)	m ³	11346,4
Temps de séjour	H	1,5
La surface horizontale du bassin (Sh)	m ²	3782,13
Hauteur (H)	M	3
Longueur (L)	M	87
Largeur (l)	M	43,5
La charge en DBO5 éliminée dans le bassin (Le)	kg /j	6878,76
Concentration de boues dans le bassin ([Xa])	kg / m ³	2.8
La charge en DBO5 à la sortie du bassin ([Ls])	kg DBO5/j	1063,72
Besoin en oxygène		
Besoin en oxygène (qo2)	kg o2/j	6351,15
Bilan de boues		
La quantité de boues en excès (ΔB)	kg/j	5485,9
Concentration des boues en excès (Xm)	kg/m ³	9,23
Débit de boues en excès (Qexcés)	m ³ /j	594,3
Le taux de recyclage en (R)	%	43,55
Débit de boues recyclées (Qr)	m ³ /j	15498,79
Age des boues (Ab)	Jr	6

III. Dimensionnement de la station d'épuration

IV.5.5. Traitement tertiaire :

Après toutes les étapes précédentes de traitement des eaux usées de notre région, on remarque que quelques polluants sont encore supérieurs aux normes de réutilisation donc on va prévoir un traitement tertiaire avec un filtre à sable pour les MES et une ozonation pour la DCO dure et désinfection.

IV.5.5.1. Dimensionnement d'un filtre à sable :

On choisit un type européen de granulométrie entre 0.8 et 1.5mm avec une vitesse de filtration entre 5 et 7 m/h.

IV.5.5.1.1 Calcul de surface de lit de sable :

$$Q_p = v * S_{lit} \dots \dots \dots (25)$$

$$\implies S_{lit} = Q_p / v = 1484,55/7 = 212,07 \text{ m}^2$$

IV.5.5.1.2 Les pertes de charges :

On utilise la formule d'Ergun pour calculer les pertes de charges engendré par le filtre à sable.

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150 * (1-\varepsilon)^2 * \mu * v}{\varepsilon^3 * d_p^2} + \frac{1,75 * (1-\varepsilon) * \rho * v^2}{\varepsilon^3 * d_p} \dots \dots \dots (26)$$

- Avec : ΔP : Perte de charge (m) ;
- H : Hauteur du lit de sable (H=1m) ;
- v : vitesse de filtration (v= 7 m/s) ;
- d_p : Diamètre moyen des particules ($d_p= 10^{-3}$ m) ;
- ρ : Masse volumique du sable ($\rho = 2610$ kg / m³) ;
- μ : Viscosité dynamique de l'eau à 20 °c ($\mu = 10^{-3}$ Pa.s) ;
- ε : Porosité initiale du lit ($\varepsilon= 0,4$) ;

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150 \times (1 - 0.4)^2 \times 10^{-3} \times 1,94 \times 10^{-4}}{0.4^3 \times 10^{-3}} + \frac{1.75 \times (1 - 0.4) \times 2610 \times (1,94 \times 10^{-4})^2}{0.4^3 \times 10^{-3}}$$

$$= 1,77m$$

IV.5.5.2. Dimensionnement de rétro lavage :

On utilise la formule de Haider et Levenspiel pour calculer la vitesse de sédimentation :

$$U_t = U_t^* * [\rho_f^2 / (\mu_f * (\rho_p - \rho_f) * g)]^{-1/3} \dots \dots \dots (27)$$

$$U_t^* = [(18/ d_p^2) + ((2,355 - 1,744 * \phi) / d_p 0, 5)]^{-1} \dots \dots \dots (28)$$

Tel que :

- U_t : Vitesse de sédimentation (m/s) ;
- U_t^* : Vitesse terminal sans dimension de particule (m/s) ;
- ρ_f : viscosité du fluide (kg/m³) ;
- ϕ : Facteur de la forme de sable ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

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

Tableau 22 : Caractéristique des fluides du rétro-lavage

	Masse volumique à 20 °C (ρ_f) (kg/m ³)	Viscosité dynamique (Pa.s) à 20°C
L'eau	1000	10^{-3}
L'air sec	1,204	$1,85 \cdot 10^{-5}$

On obtient :

$$U_t^* = [(18 / (10^{-3})^2) + (2,355 - 1,744 * 1 / (10^{-3})^{0,5})^{-1}]^{-1/3} \Rightarrow U_t^* = 5,55 * 10^{-8} \text{ m/s}$$

IV.5.5.2.1 Pour la vitesse de sédimentation de l'eau :

$$U_t = 5,55 * 10^{-8} * [1000^2 / (10^{-3} * (2610 - 1000) * 9,81)]^{-1/3} \Rightarrow U_t = 1,3 * 10^{-9} \text{ m/s}$$

IV.5.5.2.2 Pour la vitesse de sédimentation de l'air :

$$U_t = 5,55 * 10^{-8} * [1,204^2 / (10^{-3} * (2610 - 1,204) * 9,81)]^{-1/3} \Rightarrow U_t = 3,14 * 10^{-9} \text{ m/s}$$

IV.5.5.2.3 Le débit de lavage :

Il faut que la vitesse ascendante de l'eau et l'air soit égale ou approximativement 10% de la vitesse de sédimentation du média filtrant.

$$Q = 0,1 * U_t^* * S_{lit} \dots \dots \dots (29)$$

IV.5.5.2.4 Pour le débit d'eau de lavage :

$$Q = 0,1 * 1,3 * 10^{-9} * 212,07 \Rightarrow Q_{eau} = 2,75 * 10^{-8} \text{ m}^3 / \text{s}$$

IV.5.5.2.5 Pour le débit d'air de lavage :

$$Q = 0,1 * 3,14 * 10^{-9} * 212,07 \Rightarrow Q_{air} = 6,65 * 10^{-8} \text{ m}^3 / \text{s}$$

IV.5.5.2.6 La perte de charge de média filtrant :

C'est la masse de média présent dans le lit.

$$\Delta P = H * g * (1 - \epsilon_{lit}) * (\rho_p - \rho_f) \dots \dots \dots (30)$$

On résume le calcul dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Calcul des pertes de charges de média filtrant

Perte de charge de l'eau dans le média (m)	Perte de charges de l'air dans le média (m)
9,47	15,3

IV.5.5.2.7 Calcul de volume nécessaire pour la phase de rétro-lavage :

On a :

$$V_i = Q_i * t_{\text{rétro-lavage}} \dots \dots \dots (31)$$

Avec :

Q_i : débit de lavage ;

III. Dimensionnement de la station d'épuration

$T_{\text{rétro-lavage}}$: le temps d'injection ;

On prend 6min comme temps d'injection de l'eau et 4 min d'injection de l'air et on résume les résultats dans le tableau suivant :

Tableau 24 : résultat de calcul de volume pour la phase de rétro lavage

Volume d'eau à la phase de rétro lavage (m ³)	Volume d'eau à la phase de rétro lavage (m ³)
9.9*10 ⁻⁶	1.59*10 ⁻⁵

Tableau 25: récapitulatif de calcul de dimensionnement de rétro lavage

Paramètres	Unité	Résultat pour horizon 2051
Surface du lit de sable	m ²	212,07
Perte de charge d'un filtre à sable	m	1,77
La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant	m/s	1,3*10⁻⁹
La vitesse de sédimentation de l'air du média filtrant	m/s	3,14*10⁻⁹
Débit d'eau de lavage	m ³ /s	2,75*10⁻⁸
Débit d'air de lavage	m ³ /s	6,65*10⁻⁸
La perte de charge de l'eau du média filtrant	m	9,47
La perte de charge de l'air du média filtrant	m	15.3
Volume d'air à la phase de rétro-lavage	m ³	9,9*10⁻⁶
Volume d'eau à la phase de rétro-lavage	m ³	1,59*10⁻⁶

IV.5.5.3. Dimensionnement de bassin d'ozonation :

$$\text{Besoin en } O_3 = [\text{DCO}]_r * [O_3] \dots\dots\dots (32)$$

$[\text{DCO}]_r$: la DCO sortie de décanteur primaire égale à **22874,08 kg/j** ;

$[O_3]$: la dose nécessaire d'O₃ pour 1g de la DCO ;

Donc : **Besoin en O₃ = 47,74 kg/jr**

IV.5.5.3.1 Calcul de volume de bassin :

$$V_{bo} = Q_{pts} * T_c \dots\dots\dots (33)$$

On prend un $T_c = 30\text{min}$ puisque il est compris entre 20 et 30min

Donc le résultat est : **$V_{bo} = 74 \text{ m}^3$**

IV.5.5.3.2 Calcul de la longueur et largeur de bassin :

On prend **$h = 3\text{m}$**

$$V = S * h \dots\dots\dots (34)$$

$$\longrightarrow S = 247,3 \text{ m}^2$$

On a : $S = L * l$ 

III. Dimensionnement de la station d'épuration

$$l = 11,12\text{m et } L = 22,24 \text{ m}$$

et $L = 2 \cdot l$

IV.5.6. Filière des boues :

Le traitement des boues sert à diminuer la teneur en eau et leur charge polluantes et fermentescible.

Les étapes de traitement des boues sont :

- L'épaississement ;
- Filtre à bande ;
- Lit de séchage ;

IV.5.6.1. Dimensionnement de l'épaississeur :

IV.5.6.1.1 Boues issue de décanteur primaire :

$$B_{II} = X_m = 9,23 \text{ kg/m}^3$$

IV.5.6.1.2 Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($X B_{II}$) :

$$X B_{II} = Q_{\text{exces}} = 594,35 \text{ m}^3/\text{jr}$$

IV.5.6.1.3 Volume de l'épaississeur (V_e) :

$$V_e = X B_{II} \cdot T_s \dots\dots\dots (35)$$

Avec :

T_s : Temps de séjour, on prendra $T_s = 2 \text{ jr}$;

Donc : $V_e = 224,74 \text{ m}^3$

IV.5.6.1.4 Surface de l'épaississeur (S_e) :

$$S_e = V_e / H \dots\dots\dots (36)$$

Tel que : la hauteur H varie entre 3 et 4 m, on prend : $H = 4 \text{ m}$

Donc :

$$S_e = 297 \text{ m}^2$$

IV.5.6.1.5 Diamètre de l'épaississeur :

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times S_e}{\pi}} = 19,5 \text{ m}$$

IV.5.6.1.6 Débit des boues sorties de l'épaississeur :

$$Q_{be} = \frac{\Delta B}{C_{be}} \dots\dots\dots (37)$$

Avec :

C_{be} : la concentration des boues entre 80 et 100 g/l, on prend $C_{be} = 100 \text{ g/l}$

Donc :

$$Q_{be} = \frac{\Delta B}{C_{be}} = 54,85 \text{ m}^3/\text{jr}$$

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Tableau 26 : Résultats de dimensionnement de l'épaisseur

Paramètre	Unité	Valeur
Volume de l'épaisseur V_e	m ³	1188,7
Surface horizontale (S_e)	m ²	297
Hauteur (H)	m	4
Diamètre (D)	m	19,5
Temps de séjour (T_s)	j	2
Débit des boues à la sortie Q_{be}	m ³ /j	54,85

IV.5.6.2. Dimensionnement de filtre à bande :

Siccité des boues à déshydrater (SF) : **3%** ;

La quantité des boues extraites de l'épaisseur vers la déshydratation : **54,85 m³/j**;

Siccité après déshydratation (SF) : **15% à 18%** ;

Quantité de boue à traiter par jour : **5485,91 kg/j** ;

IV.5.6.2.1 La quantité de boues à traiter par heure :

$$\Delta_{xt,h} = \frac{\Delta B}{T_f} \dots\dots\dots (38)$$

Tel que:

T_f : Durée de fonctionnement retenue, on prend **T= 8 h/j**

Donc :

$$\Delta_{xt,h} = \mathbf{685,74 \text{ kg/h}}$$

IV.5.6.2.2 La quantité de boues extraites de déshydratation :

$$Q_b = \frac{\Delta B}{S_f} \dots\dots\dots (39)$$

Tel que :

ΔB : Quantité des boues à traiter par jour (Kg/j) ;

S_f : Siccité des boues (%), on prend **Sf = 15%** ;

Donc :

$$Q_b = \frac{5485,91}{0,15} \times 10^{-3} = \mathbf{36,57 \text{ m}^3/\text{jr}}$$

IV.5.6.2.3 Calcul de la largeur de la bande :

$$l = \frac{\Delta B t, h}{150} \dots\dots\dots (40)$$

Tel que la capacité de filtration est à 150 kg/MS/h

III. Dimensionnement de la station d'épuration

Donc :

$$l = \frac{685,74}{150} = 4,6m$$

IV.5.6.2.4 Matières sèches :

$$MS = (\Delta B / 1000) \times 5 \dots\dots\dots (41)$$

Donc :

$$MS = 27,4 \text{ kg}$$

Tableau 27 : résultat de dimensionnement de filtre à bande

Paramètre	Unité	Valeur
Quantité des boues à traiter par heure (ΔB)	kg/h	685,74
La quantité de boues extraites de déshydratation (Q_b)	m ³ /j	36,57
La largeur de la bande (L)	m	4,6
Les matières sèches (MS)	kg	27,4

IV.5.6.3. Dimensionnement de lit de séchage :

Pour dimensionner le lit de séchage on aura besoin des données suivantes :

- Les quantités des boues refoulées vers l'épaississeur est 5485,91 kg/jr ;
- La longueur L est prise entre (20 à 30m) donc on prendra L=21 m ;

IV.5.6.3.1 Le volume d'un lit :

$$V = L * B * e \dots\dots\dots (42)$$

avec

- L= 1 à 1,5B on prendra L=1.5B ;
- L'épaisseur maximale des boues : (e) entre 20 à 30 cm donc on prendra e=30 cm ;
- La concentration de boues activées épaissies est à 20 à 30 g/l donc on prend, C_b= 20 (g/l) avec le volume journalier des boues épandues qui sera :

$$V_e = \Delta B / 20 \dots\dots\dots (43)$$

- Volume des boues épandues par lit et par an V_a :

$$V_a = 10 * V \text{ m}^3 \dots\dots\dots (44)$$

- Volume des boues sécher par an V_{an} :

$$V_{an} = V * 360 \text{ m}^3/\text{an} \dots\dots\dots (45)$$

- Nombre de lits nécessaires :

$$N = V_{an} / V_a \dots\dots\dots (46)$$

- La surface totale des lits de séchage :

III. Dimensionnement de la station d'épuration

$$ST=N*(L*B) \text{ m}^2 \dots\dots\dots (47)$$

On résume tous ces calculs dans le tableau suivant :

Tableau 28 : résultat de calcul de lit de séchage

Paramètres	Unité	Valeur
La longueur (L)	M	21
L'épaisseur (e)	Cm	30
La largeur (B)	M	14
Le volume de lit (V)	m ³	4,2
Le volume des boues épandues (Vé)	m ³	274,29
Le volume des boues épandues par an (Va)	m ³	42
Volume des boues séché par an	m ³	1512
Nombre de lits nécessaire (N)	Lits	36
Surface totale des lits (ST)	m ²	10584

IV.6. Evaluation des charges après traitement :

Suite à l'application de cette série de traitements adaptés, qui vise à se conformer aux normes de rejet et à autoriser la réutilisation de l'eau dans les industries désignés et dans l'incendie, voici un tableau synthétique présentant les concentrations des paramètres de pollution par rapport aux normes de réutilisation :

Tableau 29: évaluation des charges après traitement

Paramètre	Unité	Valeur	Norme
Qrej	m ³ /j	28500,13	N/A
DBO5	Mg/l	30	30
DCO	Mg/l	< 90	90
MES	Mg/l	<30	30
P	Mg/l	< 10	10
N-NO3	Mg/l	7	30
N-NO2	Mg/l	0,04	30
Po4	Mg/l	<10	10
Nt	Mg/l	24<30	30

Le dimensionnement a été planifié de manière à produire de l'eau répondant aux normes de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) pour les industries à proximité (SONATRACH, Cevital), ainsi que la station de protection civile de Bejaia. En cas de concentrations élevées en

III. Dimensionnement de la station d'épuration

DCO dure, la désinfection et MES un traitement tertiaire a été envisagée, comprenant l'utilisation de l'ozone et un filtre à sable. Ces processus permettront l'élimination de tous les polluants résistants aux étapes précédentes de traitement, garantissant ainsi la production d'une eau de haute qualité.

Les calculs effectués dans ce chapitre, nous conduisent à la conclusion que la superficie de terrain réservée pour la station d'épuration, qui s'élève à 5ha, est adéquate pour accueillir l'ensemble des infrastructures nécessaires, ainsi que leurs équipements associés.

IV.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectué le dimensionnement des diverses infrastructures de la station d'épuration de l'agglomération de Bejaia en prévision de l'année 2051. Le processus sélectionné pour le traitement des eaux usées de cette région comprend les étapes suivantes :

- Prétraitement : Cette étape implique l'utilisation d'un bassin de stockage pour la période de grande précipitation, un dégrilleur et d'un dessableur-déshuileur.
- Traitement primaire : par décantation physique dans un décanteur primaire.
- Traitement secondaire : Ce traitement comprend un bassin d'aération par boues activées à faible charge et un clarificateur.
- Traitement tertiaire : Enfin, le traitement tertiaire est réalisé au moyen d'un filtre à sable, de la désinfection par ozonation.

Cela garantit un traitement efficace des eaux résiduaires de la zone, conformément aux exigences prévues jusqu'en 2051.

Chapitre V

Calcul hydraulique

IV. Calcul hydraulique

V.1. Introduction :

Le calcul hydraulique englobe la définition des diamètres optimaux des diverses conduites, y compris les conduites de rejet, les conduites de BY-PASS, les conduites de fuite, ainsi que les caractéristiques dimensionnelles des collecteurs reliant les ouvrages de la station, telles que la station de relevage. Dans ce contexte, l'objectif du profil hydraulique de la station est de déterminer les niveaux d'eau correspondants dans les différentes structures, ainsi que la ligne piézométrique le long de l'ensemble de la station.

V.2. Dimensionnement du déversoir d'orage :

Après avoir calculé le débit au temps de pluie (en tient compte de la dilution) on a :

- Le débit acheminé vers la station d'épuration : $Q_{ptp} = 1,23 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le débit pluvial $Q_{p1} = 820 \text{ l/s} = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$ (source : DRE de Bejaia)

Donc le collecteur principal véhiculera un débit de :

$$Q_v = Q + Q_{pl} \text{ (m}^3/\text{s)} \dots \dots \dots (48)$$

$$Q_v = 1,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.2.1. A l'amont du déversoir :

On calcule le diamètre qui véhiculera le débit d'eau total en 2051 :

$$Q_v = 1,23 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0,9 \%$$

D'après l'abaque de Bazin (01 et 02) :

- $D_e = 1000 \text{ mm}$ (diamètre à l'entrée du déversoir)
- $Q_{ps} = 2,95 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit à pleine section) \}
- $V_{ps} = 3,76 \text{ m/s}$ (vitesse à pleine section).

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_v / Q_{ps} = 1,23/2,95 = 0,41$ (rapport des débits)
- $r_H = H_e / D_e = 0,44 \Rightarrow H_e = 0,44 * 1000 = 440 \text{ mm}$ (hauteur de remplissage)
- $r_v = V / V_{ps} = 0,96 \Rightarrow V = 0,96 * 3,76 = 3,6 \text{ m/s}$ (Vitesse)

V.2.2. A l'aval du déversoir (vers la station) :

$$Q_s = 0,41 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0,5\%$$

D'après l'abaque de Bazin (01 et 02)

- $D_s = 800 \text{ mm}$
- $Q_{ps} = 1,21 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V_{ps} = 2,41 \text{ m/s}$.

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_s / Q_{ps} = 0,41 / 1,21 = 0,34$ (rapport des débits)
- $r_H = H_s / D_e = 0,38 \Rightarrow H_s = 0,38 * 800 = 304 \text{ mm}$ (hauteur de seuil)
- $r_v = V / V_{ps} = 1,059 \Rightarrow V = 2,41 * 0,9 = 2,17 \text{ m/s}$ (vitesse)

IV. Calcul hydraulique

V.2.3. Le débit déversé vers le milieu naturel (Qd) :

$$Q_d = Q_v - Q_s = 1,23 - 0,41 = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.2.4. Dimension du déversoir d'orage :

- La hauteur d'entrée $H_e = 440 \text{ mm}$
- La hauteur de seuil $H_s = 304 \text{ mm}$

V.2.4.1. La lame d'eau déversée :

$$H_d = (H_e - H_s) / 2 \text{ (mm)} \dots \dots \dots (49)$$

$$H_d = (440 - 304) / 2 = 68 \text{ mm}$$

V.2.4.2. La longueur de seuil du déversoir :

On applique la formule de BAZIN :

$$Q_{dév} = m * l * h_{dév} * \sqrt{2g * h_{dév}} \dots \dots \dots (50)$$

Avec :

m : coefficient de débit en fonction de type de déversoir pour notre cas on a un déversoir latéral donc $m = 0,37$

L : longueur de seuil ;

$H_{dév}$: la hauteur d'eau déversée ;

Donc :

$$L = \frac{Q_{dév}}{m * \sqrt{2g * h_{dév}}} = 1,92 \text{ m}$$

V.3. Dimensionnement de station de relevage :

Elle est conçue pour relever le niveau d'eau pour suivre tout le traitement par gravité.

V.3.1. Calcul de diamètre économique :

Il est donné par la formule de Bonnin :

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0,41} = 642 \text{ mm}$$

Donc le diamètre normalisé est $D_n = 800 \text{ mm}$.

V.3.2. Calcul de la vitesse d'écoulement :

$$V = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * D}} = 0,81 \text{ m/s}$$

V.3.3. La hauteur manométrique de la pompe :

$$HMT = H_g + \Delta H + P_{exh} \dots \dots \dots (51)$$

IV. Calcul hydraulique

Tel que :

Hg : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur ;

Hg = 3 m ;

ΔH : les pertes de charges totales, tel que $\Delta H = 0.005$ m ;

P_{exh} : pression à l'exhaure, tel que P_{exh} (1 :1.5) m, on prend $P_{exh} = 1$ m

$$HMT = 3 + 0.005 + 1 = \mathbf{4,005m}$$

V.3.4. Choix de la pompe :

Après avoir calculé tous ces données, on utilise logiciel Caprari (catalogue) pour nous donner le meilleur choix des pompes.

D'après le logiciel le meilleur choix est deux électropompes submersibles modèles KCD300ZD+017082N1 et une troisième pompe pour le stand-by (secours).

V.3.5. Calcul de volume de poste de relevage :

$$V = \frac{Q \times T}{4(N-1)} \dots\dots\dots (52)$$

Q : Débit à pomper ;

T : Durée du cycle de la pompe, on prend T = 30min ;

N : Nombre de pompes ;

Donc : $V = \mathbf{3,825 m^3}$

V.3.6. Calcul de la surface de poste de relevage :

On prend $H = 2m$:

$$S = \frac{V}{H} = \mathbf{1,91m^2}$$

V.4. Dimensionnement de profil hydraulique :

On a les cotes de terrains naturels suivants :

Tableau 30 : cotes de terrain naturel de la région de Bejaia

Désignation	Cote de terrain naturel (CTN)
Bassin de stockage	4
Station de relevage	4
Dégrillage	4
Dessablage-déshuilage	4
Décanteur primaire	4
Bassin d'aération	4
Clarificateur	4
Filtre à sable	4
Bassin d'ozonation	4

IV. Calcul hydraulique

V.4.1. Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :

$$\Delta H = \frac{K \times L \times Q_e^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots \dots \dots (53)$$

- K : Coefficient de perte de charge ;
- K = 0,001052 ;
- Q : Débit entrant ;
- Q = 0,578 m³/s ;
- L : Longueur de la conduite en (m) ;
- β : Coefficient dépendant du régime d'écoulement, β = 1,77 ;
- m : Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite, m = 4,77 ;
- D : Diamètre de la conduite en mm ;
- C_{PA}: Cote du plan d'eau au point A (m) ;
- C_{PB} : Cote du plan d'eau au point B (m) ;

V.4.2. Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

On utilise les longueurs équivalentes pour tenir compte les pertes de charges singulières :

$$L_{eq} = 1,05 \times L_{réelle} \dots \dots \dots (54)$$

Tableau 31 : longueurs équivalents reliant les ouvrages

Désignation	L _{réelle}	L _{éq}
Dégrilleur – station de relevage	8	8,4
Station de relevage – dessableur/ déshuileur	8	8,4
dessableur/ déshuileur – décanteur primaire	12	12,6
décanteur primaire – bassin d'aération	15	15,75
Bassin d'aération – clarificateur	17	17,85
Clarificateur – filtre à sable	17	17,85
Filtre à sable – ozonation	17	15,75

V.4.3. Diamètre des conduites :

$$D(m) = \sqrt[m]{\frac{K \times L \times Q_e^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} \dots \dots \dots (55)$$

Les valeurs des coefficients m, K, β dépendent du type du matériau, les valeurs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 32 : Valeurs de K, m et β

Matériaux	K	M	β
Acier	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2

IV. Calcul hydraulique

Amiante ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,774	1,77

On va travailler avec le **PEHD** comme matériau donc on prend :

V.4.4. Calcul des cotes piézométriques entre les différents tronçons :

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + \Delta H_{A-B} \dots \dots \dots (56)$$

Avec :

$\frac{P_A}{\rho g}$ et $\frac{P_B}{\rho g}$: Energies de pression dans les sections A et B ;

$\frac{V_A^2}{2g}$ et $\frac{V_B^2}{2g}$: Energies cinétiques entre A et B ;

Z_A et Z_B : Cotes des points A et B ;

$\Delta H_A - \Delta H_B$: Pertes de charges dans le tronçon (A-B) ;

Désignation	CTN (m)	Cr (m)	He (m)	Cp (m)	L (m)	Cp1A-CpB (m)	DN (mm)	Dext (mm)
Dégrilleur	4	8	1	9	8,4	1	300	313,2
Dessableur-déshuilleur	4	4	4	8	12,6	2	300	313,2
Décanteur primaire	4	4	2	6	15,75	1	400	352,4
Bassin d'aération	4	3	2	5	17,85	0,5	400	447,4
Clarificateur	4	1,5	3	4,5	17,85	0,5	400	447,4
Filtre à sable	4	3	1	4	15,75	0,5	400	397
Ozonation	4	1	3	3,5				

IV. Calcul hydraulique

On a les vitesses très faibles et on met : $\frac{P_A}{\rho g} = H_A$ et $\frac{P_B}{\rho g} = H_B$

Donc :

$$H_A + Z_A = H_B + Z_B + \Delta H_{A-B}$$

$$CP_A = H_A + Z_A$$

$$CP_B = H_B + Z_B$$

CPA: Cote piézométrique au point A;

CPB: Cote piézométrique au point B ;

On aura en final :

$$CP_A = CP_B + \Delta H_{A-B} \dots \dots \dots (57)$$

On récapitule le résultat final dans le tableau ci-dessous :

Tableau 33 : résultat final de calcul hydraulique

V.5. Conclusion :

Le calcul hydraulique réalisé dans ce chapitre a permis d'accomplir plusieurs objectifs, notamment :

- Établir les côtes du terrain naturel pour les différents ouvrages présents dans la station.
- Déterminer les dimensions (longueur, diamètre) et les vitesses des conduites qui connectent ces ouvrages entre elles.
- Calculer les pertes de charge ainsi que les cotes piézométriques à différents points du système.

En ce qui concerne la station de relevage (SR) et sa conduite de refoulement, elles ont été dimensionnées pour gérer les débits domestiques de pointe, avec une hauteur manométrique totale (HMT) de 4,005 m.

Chapitre VI

Gestion et exploitation de la station d'épuration

V. Gestion et exploitation de la station d'épuration

VI.1. Introduction :

Le bon fonctionnement ainsi que la performance de la station d'épuration dépendent étroitement de la maintenance et des opérations d'entretien réalisées de manière régulière pour protéger les divers équipements de la station.

Les objectifs de la gestion de la STEP :

Dans le contexte du traitement des eaux usées, l'objectif est d'atteindre les performances requises par la réglementation en vigueur tout en minimisant les coûts économiques et sociaux, tout en ayant un impact environnemental réduit.

VI.2. Les activités liées à l'exploitation d'une Station d'Épuration des Eaux Usées :

Ils peuvent être divisés en deux catégories distinctes :

- **Fonctionnement du système de traitement :** L'ensemble des activités requises pour gérer efficacement l'installation en utilisant des informations sur les valeurs des paramètres qui décrivent l'état des différents processus de traitement.
- **Maintenance de l'infrastructure :** Garantir la condition et le bon fonctionnement des équipements et des installations nécessaires pour atteindre la capacité de traitement conforme aux paramètres de rejet définis par la législation en vigueur.

VI.3. Le chef d'exploitation de la station d'épuration :

Le rôle du chef d'exploitation d'une station d'épuration est essentiel pour assurer le bon fonctionnement de l'installation de traitement des eaux usées. Voici les principales responsabilités et fonctions généralement associées à ce poste :

- **Gestion globale de l'installation :** Le chef d'exploitation supervise et coordonne l'ensemble des activités liées à l'exploitation de la station d'épuration.
- Il veille à ce que l'installation respecte toutes les réglementations environnementales, sanitaires et de sécurité en vigueur. Cela implique de s'assurer que les rejets de la station sont conformes aux normes établies.
- **Maintenance préventive et réparations :** Le chef d'exploitation est responsable de la maintenance préventive des équipements de la station afin d'éviter les pannes. Il organise également les réparations nécessaires en cas de défaillance des équipements.
- **Gestion du personnel :** Il supervise et coordonne l'équipe d'exploitation, y compris les opérateurs de traitement des eaux.
- **Surveillance des paramètres de traitement :** Le chef d'exploitation surveille en permanence les paramètres de traitement, tels que la qualité de l'eau entrante et sortante, les niveaux de boues, les débits, les produits chimiques, etc.
- **Rapports et documentation :** Il tient des registres précis de toutes les opérations de la station, produit des rapports réguliers sur les performances et les incidents, et communique ces informations aux autorités compétentes.

V. Gestion et exploitation de la station d'épuration

VI.4. Les différentes tâches de personnel d'une STEP :

Tableau 34: les tâches de personnels d'une STEP

Personnels	Rôle
Le chef de la station	Tâches administrative (surveillance, organisation, gestion des budgets)
Technicien de laboratoire	Analyse chimique et microbiologique sur des échantillons d'eau brute et traitée pour évaluer la performance du traitement
Electromécanicien	Maintenance préventive des équipements et des machines pour éviter les pannes (pompes, vannes,...)
Ouvriers	Entretien des ouvrages
Gardiens	Assurer la sécurité de la STEP 24/24h

VI.5. Entretien et suivi des équipements de la station d'épuration :

L'entretien et le suivi de chaque ouvrage d'une station d'épuration sont essentiels pour garantir le bon fonctionnement de l'ensemble du système de traitement des eaux usées. Voici comment vous pouvez organiser ces tâches pour chaque type d'ouvrage :

VI.5.1. Prétraitement (dégrilleur, dessableur-déshuileur) :

- Inspecter régulièrement les grilles pour éliminer les débris solides.
- Vider et nettoyer le dessableur-déshuileur pour éliminer les sédiments et les huiles accumulés.
- Surveiller les niveaux d'eau pour éviter les débordements.

VI.5.2. Traitement secondaire (bassin d'aération, bassin d'anoxie, clarificateur) :

- Vérifier la performance des agitateurs, des pompes et des systèmes d'aération.
- Surveiller les niveaux de boues et effectuez un éventuel pompage des boues accumulées.
- Contrôler la turbidité et la qualité de l'eau clarifiée dans le clarificateur.

VI.5.3. Traitement tertiaire (filtre à sable, ozonation) :

- Nettoyer et remplacez les médias filtrants du filtre à sable selon un calendrier défini.
- Surveillez les niveaux de boues et assurez-vous que l'épaisseur fonctionne correctement.

VI.5.4. Station de relevage :

- Contrôler le fonctionnement des pompes de relevage et de leurs commandes.
- Assurer que les pompes de secours sont opérationnelles.
- Surveiller les niveaux d'eau dans les bassins de la station de relevage.

VI.6. Suivi des performances :

- Surveiller en permanence les paramètres de traitement, tels que les niveaux d'eau, les débits, la qualité de l'eau, etc.

V. Gestion et exploitation de la station d'épuration

- Comparer les performances aux normes réglementaires et effectuez des ajustements si nécessaire.

VI.7. Hygiène et sécurité :

L'hygiène et la sécurité sont des aspects essentiels de la gestion d'une station d'épuration, car elles garantissent la protection du personnel, la conformité réglementaire et la préservation de l'environnement.

VI.7.1. Formation du personnel :

- Assurer que tout le personnel est correctement formé aux procédures de sécurité et de gestion des risques spécifiques à la station.
- Fournir une formation régulière sur les pratiques de sécurité, les premiers secours et la manipulation des produits chimiques.

VI.7.2. Évaluation des risques :

- Identifier et évaluer les risques potentiels liés aux activités de la station, y compris les risques chimiques, électriques, mécaniques et biologiques.
- Élaborer des plans de gestion des risques pour minimiser ces dangers.

VI.7.3. Équipement de protection individuelle (EPI) :

- Assurez-vous que tout le personnel porte l'EPI approprié, tel que des gants, des lunettes de protection, des casques, des combinaisons, etc., en fonction des risques identifiés.

VI.7.4. Gestion des produits chimiques :

- Stocker et manipuler les produits chimiques conformément aux fiches de sécurité fournies par les fabricants.
- Étiqueter clairement les conteneurs de produits chimiques et assurer qu'ils sont correctement ventilés.

VI.7.5. Équipements de sécurité :

- Assurer que les extincteurs, les douches de sécurité, les lave-yeux et les équipements de lutte contre les incendies sont correctement entretenus et facilement accessibles.

VI.7.6. Plan d'intervention d'urgence :

- Élaborez un plan d'intervention d'urgence en cas d'incident ou d'accident, et assurer que le personnel est formé à sa mise en œuvre.

VI.8. Conclusion :

En mettant en œuvre ces mesures et en maintenant une vigilance constante en matière d'hygiène et de sécurité, on peut créer un environnement de travail sécuritaire et conforme aux normes, tout en contribuant à la protection de la santé du personnel et de l'environnement.

Conclusion générale

La station d'épuration joue un rôle essentiel en deux aspects : d'abord, elle contribue à protéger les écosystèmes aquatiques naturels des polluants véhiculés par les eaux usées, et ensuite, elle permet de valoriser et réutiliser cette ressource dans plusieurs domaines.

Dans cette perspective, notre objectif est de dimensionner une station d'épuration utilisant la méthode des boues activées pour traiter les eaux usées de la ville de Bejaïa.

Le choix de cette méthode de traitement biologique est justifié par ses nombreux avantages, notamment sa prévalence à l'échelle mondiale et en Algérie. Il convient de noter que la zone d'étude comporte des installations industrielles, ce qui rend les eaux usées adaptées à un traitement biologique par boues activées. C'est pourquoi nous avons opté pour le procédé à faible charge en boues activées, car il garantit une meilleure qualité des eaux rejetées, avec des performances de traitement dépassant les 90 %, et des boues bien stabilisées qui ne nécessitent pas un traitement poussé, ce qui réduit les coûts d'exploitation. Cette décision est également en adéquation avec la taille de l'agglomération.

Enfin, il est important de souligner que le rendement et la durabilité de la station d'épuration sont étroitement liés à son entretien et à une gestion appropriée.

Nous recommandons également que les eaux usées traitées par la station soient réutilisées dans l'industrie et l'incendie, à condition que leurs caractéristiques respectent les normes de sécurité sanitaire et environnementale.

Référence bibliographique

- [1] : Direction des ressources en eaux de la Wilaya de Béjaia (DRE) ;
- [2] : Station d'épuration de la Wilaya de Bejaia ;
- [3] : Office nationale de l'assainissement de Bejaia ;
- [4] : Memento degremont® de SUEZ, (s. d), Eau et généralités.
- [5] : C. Dagot, J. Laurent, 2014. "Module d'enseignement ASTEP", Université Virtuelle Environnement et Développement durable.
- [6] : H. Dhaouadi, 2008. "Traitement des eaux usées urbaines ; les procédés biologiques d'épuration", Université virtuelle de Tunis.
- [7] : A. GAÏD, 1993. "Traitement des eaux usées urbaines", Techniques de l'ingénieur.
- [8] : journal officiel de la République Algérienne. N41° du 2012.