



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UNE STEP DES EAUX USEES
URBAINES DE LA VILLE DE RAS ELOUED « W DE B.B.A » EN
VUE DE LEUR REUTILISATION.**

Présenté par :

MEKHOUKH Abd elmoudjib

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
HACHEMI Abdelkader	M.C.A	Président
KHALED HOULI Samia	M.A.A	Membre
TAFAT Leila	M.A.A	Membre
BETATACHE Hayat	M.C.A	Promotrice

Session : Juillet 2025

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail

À mes chers parents

Dont le soutien inébranlable, l'amour et les sacrifices m'ont permis d'arriver jusqu'ici.

Vous êtes ma source d'inspiration et ma force, et je vous en serai éternellement reconnaissant.

À mes frères Raouf et Basset

Pour leur présence constante et leur encouragement. Vous êtes mes compagnons de vie, et je vous remercie de toujours être là pour moi.

À mes sœurs

Pour votre soutien et vos précieux conseils. Vous êtes une source de joie et de motivation dans ma vie.

À tous mes amis

Pour leur amitié sincère, leur soutien moral et leurs moments de convivialité partagés.

Vous êtes une véritable source de force et d'énergie.

Moudjib

Remerciement

Ce mémoire de fin d'études est l'aboutissement d'un travail de recherche mené sur une période de trois mois, et il n'aurait pu aboutir sans le soutien, la collaboration et les conseils de nombreuses personnes, que je souhaite ici remercier sincèrement.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer ce travail, pour l'attention qu'ils lui ont portée et le temps qu'ils lui ont consacré.

J'adresse mes plus vifs remerciements à Madame Betatache Hayat, mon encadrante, pour son accompagnement constant, sa disponibilité, la pertinence de ses conseils et son engagement tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son encadrement rigoureux et bienveillant a été déterminant dans la réussite de ce travail.

Je remercie également Monsieur l'Ingénieur Youcef pour ses apports techniques, ses remarques pertinentes et sa réactivité, qui m'ont permis de mieux approfondir mes réflexions et d'enrichir la qualité du contenu.

Mes remerciements les plus sincères vont également à l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique, pour la qualité de l'enseignement dispensé et pour l'environnement académique stimulant qu'elle offre. Je tiens aussi à remercier l'ensemble du corps professoral pour leur accompagnement tout au long de mon parcours.

Enfin, je témoigne ma profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. À toutes et à tous, merci.

A toutes ces personnes, merci
MOUDJIB

ملخص

شهدت الجزائر خلال السنوات الأخيرة توسعاً عمرانياً متسارعاً وارتفاعاً كبيراً في الكثافة السكانية، خاصة في المدن الكبرى، مما أدى إلى تفاقم مشكلات التلوث. واستجابة لهذه التحديات، تم الاستثمار في إنجاز مشاريع محطات تطهير مياه الصرف الصحي. يهدف هذا العمل إلى تصميم منشآت محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة رأس الوادي بولاية برج بوعريريج، مع التركيز على إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض الري، إلى جانب حماية الوسط الطبيعي والحفاظ على الصحة العمومية.

الكلمات المفتاحية: محطة تطهير المياه المستعملة، تصميم المنشآت، التوسع العمراني، الكثافة السكانية، التلوث، حماية الوسط الطبيعي، الصحة العمومية، إعادة الاستخدام.

Résumé

En Algérie, les extensions urbaines et la surpopulation, notamment dans les grandes villes, ont engendré d'importants problèmes de pollution. Pour y remédier, les autorités ont investi dans la construction de stations d'épuration des eaux usées. Ce travail vise à dimensionner les ouvrages d'une station d'épuration à Ras El Oued (wilaya de Bordj Bou Arréridj), avec pour objectif de permettre la réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation, tout en assurant la protection du milieu naturel et la préservation de la santé publique.

Les mots-clés : Station d'épuration des eaux usées, dimensionnement des ouvrages, extension urbaine, surpopulation, pollution, protection du milieu naturel, santé publique, réutilisation.

Abstract

In Algeria, urban sprawl and overcrowding, particularly in large cities, have led to serious pollution problems. In response, the authorities have recently invested in wastewater treatment plants. This study focuses on designing the treatment facilities of a plant in Ras El Oued (Bordj Bou Arréridj province), with the aim of enabling the reuse of treated water for irrigation, while protecting the natural environment and ensuring public health.

Keywords: Wastewater treatment plant, design of treatment units, urban sprawl, overcrowding, pollution, protection of the natural environment, public health, reuse.

SOMMAIRE

Introduction generale	2
-----------------------------	---

Chapitre I : La réutilisation des eaux usées

Introduction:.....	5
I.1. Cadre conceptuel et finalités:.....	5
I.2. Secteurs d'application de la réutilisation des eaux usées:	5
I.2.1. L'agriculture :.....	5
I.2.2. L'industrie :	6
I.2.3. Applications urbaines:	6
I.2.4. La production d'eau potable :.....	6
I.2.5. Réinjection pour la recharge des aquifères:.....	6
I.2.6. La restauration des milieux humides :.....	7
I.2.7. Maintien des régimes hydriques des écosystèmes aquatiques:	7
I.3. Aperçu international de la réutilisation des eaux usées	7
I.4. État des lieux et perspectives de la réutilisation des eaux usées en Algérie:	8
I.4.1. Les normes Algérienne :.....	8
I.5.Cadre environnemental, réglementaire, législatif et institutionnel de la réutilisation des eaux usées	10
I.6. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées :	10
I.6.1. Les avantages :.....	11
I.6.2. Les inconvénients :	11
Conclusion :	12

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Introduction:.....	14
II.1. Présentation de site :.....	14
II.1.1. Situation géographique :.....	16
II.1.2. Situation topographique:.....	16
II.1.3. Situation climatique :.....	17
II.1.3.1. Climat :	17
II.1.3.2. Température :.....	17
II.1.3.3. Vent :	18
II.1.3.4. Précipitations :	19

II.1.3.5. Evaporation :.....	20
II.1.4. Situation hydraulique :.....	21
II.1.4.1. AEP :.....	21
II.1.4.2. Assainissement :	22
II.1.5. Situation démographique :.....	22
II.1.6. Présentation des analyses des eaux usées évacuées au STEP :	22
II.1.7. Choix de site de la station d'épuration :	24
II.1.7.1. Situation géographique :.....	24
II.1.7.2. Les avantages de site :	24
Conclusion :	25

Chapitre III : Estimation des charges

Introduction:.....	27
III.1.Estimation des charges polluantes et hydraulique:	27
III.1.1. Les charges hydrauliques :	27
III.1.1.1. Etude démographie :.....	27
III.1.1.2. Débit moyen journalier de consommation :	27
III.1.1.3. Débit moyen journalier des eaux usées domestiques :	27
III.1.1.4. Débit moyen journalier des eaux usées des équipements :	28
III.1.1.5. Débit total des eaux usées :	28
III.1.1.6. Débit de point au temps sec :	28
III.1.1.7. Débit de point en temps de pluie :.....	29
III.1.1.8. Equivalent habitant :.....	29
III.1.2. Les charges polluantes :	30
III.1.2.1. Charge journalière en DBO5 :.....	30
III.1.2.2. Charge journalière en DCO :.....	30
III.1.2.3. Charge journalière en MES :.....	30
III.1.2.4. Charge journalière en NTK :.....	30
III.2.3 Performances exigées :	32
Conclusion :	32

Chapitre IV : Dimensionnement de la STEP

Introduction:	34
IV.1. Ouvrages de prétraitements	34
IV.1.1. Dégrillage :	34
IV.1.1.1. Calcule la largeur et la surface de la grille	34
IV.1.1.2. Calcul de nombre des barreaux	36
IV.1.1.3. Estimation des pertes de charge	36
IV.1.1.4. Détermination des quantités de déchets retenus:	37
IV.1.2. Dessablage-déshuilage :	38
IV.1.2.1. Dimensionnement de dessablage-déshuilage :	38
IV.1.2.2. Quantité de matières éliminées :	40
IV.2. Traitement primaire (décanteur primaire) :	41
IV.2.1.1. Dimensionnement du décanteur primaire :	41
IV.2.1.2. Calcul de volume de décanteur primaire:	41
IV.2.1.3. Calcul de surface de décanteur :	42
IV.2.1.4. Calcul la hauteur de décanteur :	42
IV.2.1.5. Calcul de diamètre :	42
IV.2.2. Evaluation des charges :	42
IV.3. Traitement secondaire :	43
IV.3.1. Dimensionnement de bassin d'aération	44
IV.3.1.1. Volume de bassin	44
IV.3.1.2. Hauteur de bassin	44
IV.3.1.3. La surface horizontale de bassin	44
IV.3.1.4. Longueur et Largeur du bassin :	45
IV.3.1.5. Temps de séjour T_s	45
IV.3.1.6. Masse des boues dans le bassin X_t	45
IV.3.1.7. Concentration des boues dans le bassin	46
IV.3.2. Dimensionnement de bassin d'anoxie	46
IV.3.2.1. Volume de bassin	46
IV.3.2.2. Hauteur de bassin	47
IV.3.2.3. La surface horizontale de bassin	47
IV.3.2.4. Longueur et Largeur du bassin :	47

IV.3.3. Les besoins en exogène.....	48
IV.3.3.1. Calcul des besoins en oxygène.....	48
IV.3.3.2. Quantité d'oxygène horaire.....	49
IV.3.3.3. Quantité d'oxygène pour 1 m ³ de bassin.....	49
IV.3.3.4. Besoin réel en oxygène	49
IV.3.4. Calcul des caractéristiques de l'aérateur	49
IV.3.4.1. Calcul de la puissance de brassage	49
IV.3.4.2. Calcul de la puissance de l'aérateur	50
IV.3.4.3. Nombre d'aérateur	50
IV.3.5. Bilan des boues	50
IV.3.5.1. Calcul de la/quantité des boues/en excès	50
IV.3.5.2. La concentration des boues en excès	51
IV.3.5.3. Débit de boue en excès.....	52
IV.3.5.4. Débit spécifique par m ³ de bassin	52
IV.3.5.5. Le taux de recyclage	52
IV.3.5.6. Débit de boues recyclées.....	52
IV.3.5.7. Age de boues	52
IV.3.6. Dimensionnement de clarificateur (décanteur secondaire).....	53
IV.3.6.1. Calcul de volume de décanteur secondaire:	54
IV.3.6.2. Calcul de surface de décanteur :	54
IV.3.6.3. Calcul de diamètre :	54
IV.3.7. Les charges et les concentrations à la sortie de Traitement secondaire	54
IV.4. Traitement tertiaire.....	55
IV.4.1. Le filter a sable.....	56
IV.4.1.1. La surface horizontale	56
IV.4.1.2. Le volume de bassin.....	56
IV.4.1.3. Temps de séjour	57
IV.4.1.4. Les pertes de charge	57
IV.4.1.5. La désinfection par ultra-violet	58
IV.4.1.6. Calcul de la dose de UV.....	58
IV.4.1.7. Calcul le volume de bassin.....	58
IV.5. Dimensionnement des ouvrages de Traitement des boues.....	59

IV.5.1. Épaississeur à gravité circulaire	59
IV.5.1.1. Débit journalier de boues entrant dans l'épaississeur	59
IV.5.1.2. Le volume de l'épaississeur	60
IV.5.1.3. Volume cylindrique.....	60
IV.5.1.4. Volume conique	60
IV.5.1.5. La surface	61
IV.5.1.6. Calcul de rayon	61
IV.5.2. Stabilisation anaérobie	61
IV.5.2.1. Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage	61
IV.5.2.2. Le volume de Stabilisation anaérobie	62
IV.5.2.3. Surface de Stabilisation aérobie	62
IV.5.2.4. Calcul de rayon	62
IV.5.3. Le dimensionnement filtre à bande	62
IV.5.3.1. Calcul de la quantité de boue à traiter par heure	62
IV.5.3.2. La quantité de boues extraites de déshydratation.....	63
IV.5.3.3. Largeur de la bande	63
IV.5.3.4. Matière sèches	63
IV.5.4. Aire de stockage	64
IV.5.4.1. Le volume	64
IV.5.4.2. La surface	64
IV.5.4.3. Calcul de rayon	64
IV.6. Réutilisation des eaux traitées	65
IV.6.1. Nécessité de la réutilisation.....	65
IV.6.2. Traitement tertiaire.....	65
IV.6.3. Choix de cultures adaptées.....	66
IV.6.4. Avantages environnementaux et agricoles.....	66
IV.7. Conclusion.....	67

Chapitre V : Calcul hydraulique

Introduction:.....	69
V.1. Déversoir d'orage.....	69
V.1.1. Données de base	70
V.1.2. Calcul de débit déversée vers l'oued de BOUDJERA	70

V.1.3.	Calcul de diamètre du collecteur principal:.....	70
V.1.3.1.	À l'amont du déversoir	70
V.1.3.2.	À l'aval du déversoir (vers la station).....	71
V.1.3.3.	À l'aval du déversoir (vers l'oued)	71
V.1.4.	Le dimensionnement de déversoir.....	72
V.1.4.1.	Détermination de la hauteur déversée	72
V.1.4.2.	Détermination de la longueur du seuil déversant	72
V.2.	Profil hydraulique.....	72
V.2.1.	Détermination des cotes piézométriques	72
V.2.2.	Calcul des dimensions (longueur et diamètre) des conduites entre les ouvrages	73
V.2.2.1.	Les longueurs des conduites	74
V.2.2.2.	Les diamètres des conduites	74
V.3.	Conclusion.....	75

Chapitre VI : Organisation de chantier

Introduction:.....	76
VI.1. Travaux de réhabilitation et aménagement du chantier	76
VI.2. Installations pour le personnel	76
VI.3. Installations logistiques pour le stockage des matériaux	76
VI.4. Installations prévues pour la réparation des engins.....	77
VI.5. Moyens mis en œuvre sur le chantier.....	77
VI.5.1. Moyens humains	77
VI.5.2. Matériels de terrassement.....	77
VI.5.3. Moyens matériels	77
VI.5.4. Matériels de terrassement.....	77
VI.5.4.1. Matériels de terrassement.....	78
VI.5.4.2. Matériel de bétonnage	78
VI.6. Devise estimatif et quantitatif (DQE)	78
VI.6.1. Le coût d'investissement :	78
VI.6.2. Le coût de fonctionnement.....	79
VI.7. Calcul du coût d'investissement.....	79
VI.7.1. Le coût de terrassement.....	79

VI.7.1.1.	Le volume de la couche végétale	79
VI.7.1.2.	Le coût de l'ouvrage	79
VI.7.1.3.	Le Coût du béton armé.....	80
VI.7.2.	Coût total du génie civil	81
VI.7.3.	Calcul le COUT VRD	82
VI.7.4.	Évaluation du coût des installations hydromécaniques.....	82
VI.7.5.	Calcul du coût total de l'investissement de la station	82
VI.8.	Calcul du coût de fonctionnement.....	82
VI.8.1.	Le coût de main d'œuvre	82
VI.8.2.	Le coût de renouvellement du matériel électromécanique.....	82
VI.8.3.	Le coût des frais financiers	82
VI.8.4.	Le coût de fonctionnement total.....	83
VI.8.5.	Prix unitaire du m ³ d'eau traitée.....	83
VI.8.5.1.	Le coût d'amortissement annuel	83
VI.8.5.2.	Coût annuel de la station	83
VI.8.6.	Calcul du prix unitaire du m ³ d'eau traitée	83
VI.9.	Conclusion.....	84
	Conclusion generale	86

Liste des tableaux :

Chapitre I : La réutilisation des eaux usées

Tableau 1:Norme Algérienne.....	9
---------------------------------	---

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Tableau 1:Les niveaux de température	18
Tableau 2:la vitesse du vent.....	19
Tableau 3:Précipitation moyenne mensuelle	19
Tableau 4:Répartition mensuelle d'évaporation	20
Tableau 5:la répartition de la population par Commune Daïra de Ras el oued	22
Tableau 6:les analyses des EU	22

Chapitre III : Estimation des charges

Tableau 1:Base de dimensionnement de la STEP pour l'horizon de 2055.....	31
Tableau 2:les normes de rejets.....	32

Chapitre IV : Dimensionnement de la STEP

Tableau 1:Espacement et épaisseur Grille grossière des barreaux.....	35
Tableau 2:Les données de base pour dimensionner le dégrillage grossier et fin.....	35
Tableau 3:valeurs de coefficient β en fonction de type des barreaux	36
Tableau 4:récapitulatif de dimensionnement de dégrilleur.....	37
Tableau 5:données de base pour dimensionnement de dessableur-deshuilleur.....	38
Tableau 6:Résultats du dimensionnement de dessableur.....	40
Tableau 7:Pourcentage de MVS.....	40
Tableau 8:données de base pour dimensionnement de décanteur.....	41

Tableau 9:Evaluation des charges éliminées par le décanteur.....	42
Tableau 10:résultat de calcul de traitement primaire.....	43
Tableau 11:Classes du procédé du traitement biologique à boue activée.....	43
Tableau 12:Résultat de dimensionnement du bassin d'aération.....	45
Tableau 13:Les valeurs de la masse et la concentration des boues.....	46
Tableau 14:Résultat de dimensionnement du bassin d'anoxie.....	47
Tableau 15:Valeurs de a' et b' en fonction du charge massique.....	48
Tableau 16:Les besoins en oxygène.....	49
Tableau 17:Les puissances nécessaire.....	50
Tableau 18:calcul de la quantité de boues.....	51
Tableau 19:Résultats du bilan des boues.....	53
Tableau 20:données de base pour dimensionnement de clarificateur.....	53
Tableau 21: Les charges à la sortie de Traitement secondaire.....	55
Tableau 22:Les concentrations à la sortie de Traitement secondaire.....	55
Tableau 23:Caractéristiques techniques d'un filtre à sable en traitement tertiaire.....	56
Tableau 24:Les résultats de dimensionnement de Filtre à sable rapide.....	58
Tableau 25:Les résultats de Calcul de désinfection par ultra-violet.....	59
Tableau 26:Indice de MOHLMAN en fonction du MES.....	60
Tableau 27: Les résultats de dimensionnement d'épaississeur.....	61
Tableau 28:Les résultats de Calcul de stabilisation anaérobie.....	62
Tableau 29:Les Caractéristiques de filtre a bonde presseuse.....	65
Tableau 30: Les résultats de dimensionnement de Aire de stockage.....	66

Chapitre V : Calcul hydraulique

Tableau 1: Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP	72
Tableau 2: Valeurs de K , m et β	73
Tableau 3:les longueurs et les diamètres des conduites reliant les ouvrages.....	74

Chapitre VI : Organisation de chantier

Tableau 1: Le cout de terrassement	80
Tableau 2:Le coût du béton armé.....	81
Tableau 3:Estimation le coût du projet	84

Liste des figures

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Figure 1:situation géographique de la wilaya de BBA (DSA BBA, 2017)	15
Figure 2: Situation géographique.....	16
Figure 3: Carte topographique de la région de ras el oued	17
Figure 4: Tendence mensuelle des températures moyennes à Ras El Oued	18
Figure 5:Variation des moyennes de précipitation de Ras el oued.....	20
Figure 6: Variation d'évaporation moyenne mensuelle de Ras El Oued.....	21
Figure 7: Réseaux hydrographique de daïra de ras el oued	21
Figure 8: Le site de la STEP sur google earth	24

Chapitre V : Calcul hydraulique

Figure 1:Schéma d'un déversoir d'orage à seuil latéral.....	69
---	----

Introduction générale

L'eau est une ressource précieuse et vitale pour la survie des écosystèmes et des sociétés humaines. Cependant, elle est de plus en plus menacée par diverses formes de pollution et de dégradation, compromettant ainsi sa disponibilité et sa qualité. La contamination de l'eau provient de multiples sources, notamment les activités industrielles, domestiques et agricoles, qui génèrent des rejets polluants et perturbent l'équilibre naturel des milieux aquatiques.

Depuis plusieurs décennies, la gestion et le traitement des eaux, qu'elles soient destinées à l'utilisation humaine ou à des usages agricoles et industriels, constituent un sujet de recherche majeur. Face à la croissance démographique, à l'urbanisation rapide et à l'intensification des activités économiques, la nécessité de préserver et de recycler l'eau est devenue une priorité mondiale.

Dans ce contexte, la problématique du traitement des eaux usées revêt une importance cruciale. Il ne s'agit plus seulement d'éliminer les polluants, mais aussi d'assurer une gestion durable de cette ressource en intégrant des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement. L'Algérie, un pays particulièrement vulnérable à la pénurie d'eau en raison de conditions climatiques arides et de sécheresses récurrentes, est fortement affecté par la pollution issue des rejets urbains, industriels et agricoles. Cette situation exacerbe le stress hydrique et rend indispensable la mise en place de stratégies efficaces pour limiter les impacts négatifs de la pollution sur les ressources en eau.

Pour répondre à ces défis, plusieurs techniques de traitement des eaux usées sont développées et mises en œuvre. Ces procédés comprennent des techniques physico-chimiques telles que la précipitation, la coagulation-floculation et l'oxydation, des méthodes membranaires comme l'osmose inverse, ainsi que des procédés biologiques tels que les lits bactériens, les boues activées et le lagunage, la nano filtration et l'électrodialyse. L'amélioration et l'optimisation de ces technologies sont essentielles pour garantir un recyclage efficace de l'eau et minimiser son impact sur l'environnement.

Ainsi, la réutilisation et le traitement des eaux usées apparaissent comme des solutions incontournables pour préserver les ressources hydriques, réduire la pollution et assurer un développement durable, en particulier dans des pays confrontés à un stress hydrique élevé comme l'Algérie.

Dans ce contexte, mon projet de fin d'études porte sur la conception d'une station d'épuration des eaux usées basée sur le procédé des boues activées, visant à traiter les effluents domestiques de la ville de Ras El Oued, située dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Ce projet a pour objectif de préserver l'environnement et la santé publique contre toute forme de pollution, tout en mobilisant une ressource en eau supplémentaire réutilisable dans le secteur agricole.

Ce travail est composé de six chapitres interdépendants, chacun abordant une étape essentielle de l'étude. Le premier chapitre est consacré à la réutilisation des eaux usées, en mettant en lumière ses avantages environnementaux et économiques. Le deuxième chapitre présente la zone d'étude, à travers des données géographiques et contextuelles indispensables à une compréhension globale du projet. Le troisième chapitre est dédié à l'estimation des charges polluantes, étape clé pour un dimensionnement approprié des ouvrages. Le quatrième chapitre traite du dimensionnement de la station d'épuration (STEP), fondé sur les charges évaluées précédemment. Le cinquième chapitre porte sur les calculs hydrauliques. Le dernier chapitre s'intéresse à l'organisation du chantier, en intégrant également l'estimation des différents coûts liés à la mise en œuvre du projet. Le travail se termine par une conclusion générale

CHAPITRE I

La réutilisation des eaux usées

Introduction:

À l'heure actuelle, les défis climatiques exigent une gestion rationnelle et efficiente des ressources en eau afin de maintenir un équilibre pérenne entre l'offre et la demande. Cette problématique se manifeste avec une acuité particulière dans les zones arides et semi-arides des pays en voie de développement, où le stress hydrique s'aggrave sous l'effet d'une croissance démographique soutenue, des ressources limitées et des épisodes récurrents de sécheresse. Dans ces zones, le secteur agricole, représentant jusqu'à 70 % des prélèvements en eau, constitue un facteur majeur de stress hydrique. Face à ces contraintes, La valorisation des eaux usées traitées, que ce soit à l'échelle locale ou régionale, constitue une alternative stratégique permettant de renforcer la résilience des systèmes de gestion des ressources hydriques.

I.1. Cadre conceptuel et finalités:

La réutilisation représente l'un des piliers essentiels du développement durable, contribuant à une gestion intégrée et cohérente des ressources hydriques. Cela est pertinent à titre de solution de remplacement sur le renforcement énergétique, compte tenu de l'expansion de la demande pour ce produit dans les domaines agricole, municipal et industriel. Le processus est basé sur l'acquisition d'eaux usées, un traitement supplémentaire si nécessaire, puis une offre de retour du résultat pour divers besoins. Les objectifs de cette approche sont les suivants :

- Augmenter la disponibilité en eau en fournissant une ressource complémentaire pour différents usages, notamment en période de pénurie ;
- Contribuer au maintien de l'équilibre du cycle hydrologique ;
- Préserver l'environnement en limitant les déversements de polluants dans les écosystèmes naturels [1].

I.2. Secteurs d'application de la réutilisation des eaux usées:

La réutilisation est aujourd'hui largement mise en œuvre sous différentes formes de valorisation. Elle s'applique dans divers domaines, notamment :

I.2.1. L'agriculture :

L'agriculture représente le principal secteur utilisateur des eaux usées traitées, en raison de ses fortes exigences en eau et de la capacité à valoriser les nutriments contenus dans ces effluents, réduisant ainsi le recours aux engrais chimiques. L'irrigation agricole est l'une des applications les

plus courantes de cette pratique, permettant non seulement d'augmenter les rendements des cultures grâce à des éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, mais aussi de préserver les ressources en eau douce et de réduire l'impact environnemental lié à l'utilisation de l'eau potable. Cette approche offre ainsi une solution efficace pour répondre à la demande croissante en eau tout en contribuant à une gestion durable des ressources hydriques [2].

I.2.2. L'industrie :

Dans le secteur industriel, la réutilisation des eaux usées permet de réduire la consommation d'eau potable, de limiter les rejets polluants et d'optimiser les cycles de production, notamment dans les processus non sensibles. Au fil des décennies, de nombreuses industries, telles que les centrales électriques, les raffineries et l'industrie agroalimentaire, ont adopté cette pratique pour des usages variés, comme le refroidissement, le nettoyage des équipements [2].

I.2.3. Applications urbaines:

En zone urbaine, les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour alimenter les systèmes de climatisation, assurer le lavage des voiries ou encore irriguer les espaces verts, illustrant ainsi la diversité de leurs applications. Par ailleurs, grâce aux technologies de traitement avancées, il est désormais possible de produire de l'eau potable à partir d'eaux usées traitées, ce qui permet d'augmenter la disponibilité de l'eau tout en garantissant une sécurité sanitaire élevée [3].

I.2.4. La production d'eau potable :

Les technologies de traitement avancé permettent aujourd'hui de transformer les eaux usées traitées en eau potable, tout en garantissant un haut niveau de sécurité sanitaire. Après un traitement strict et contrôlé, ces eaux peuvent être réinjectées directement dans le réseau d'eau potable pour la consommation humaine. Cette approche constitue une solution prometteuse face à la demande croissante en eau, en particulier dans les zones confrontées à une rareté des ressources en eau douce [2].

I.2.5. Réinjection pour la recharge des aquifères:

La recharge des nappes phréatiques à l'aide des eaux usées traitées repose sur un processus d'infiltration ou de percolation contrôlée dans le sol, permettant ainsi une régénération progressive des aquifères surexploités. Ce procédé permet non seulement de reconstituer les réserves souterraines pour un usage futur, mais aussi de bénéficier de l'autoépuration naturelle du sol, qui

améliore la qualité de l'eau. Par ailleurs, cette approche contribue à limiter les risques d'intrusion saline, notamment dans les régions côtières vulnérables [4].

I.2.6. La restauration des milieux humides :

Les milieux humides dégradés peuvent faire l'objet d'une réhabilitation efficace grâce à l'apport contrôlé d'eaux usées traitées. Ce procédé permet de revitaliser ces zones écologiquement sensibles en restaurant leur rôle naturel de filtration et de régulation des flux hydriques, tout en soutenant la préservation de la biodiversité animale et végétale. Ainsi, la réutilisation des eaux épurées contribue à la restauration des fonctions écologiques essentielles de ces milieux et au renforcement de leur résilience face aux pressions environnementales [5].

I.2.7. Maintien des régimes hydriques des écosystèmes aquatiques:

Le soutien des débits des rivières avec des eaux traitées est une pratique qui permet de limiter les effets négatifs des périodes de faible débit, appelées étiage sévère. Cette approche aide à maintenir les niveaux d'eau des cours d'eau, préservant ainsi les habitats aquatiques et soutenant la biodiversité en période de stress hydrique.

I.3. Aperçu international de la réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est aujourd'hui pratiquée dans plus de soixante pays à travers le monde [6], bien que la diversité des approches rende difficile toute comparaison directe des taux de réutilisation ou de la qualité des eaux traitées [7]. Cette hétérogénéité s'explique par des différences marquées dans les objectifs poursuivis, les normes sanitaires et les cadres réglementaires [8]. Dans certaines régions d'Afrique, l'épandage d'eaux usées brutes demeure une réalité, en l'absence d'infrastructures adaptées [9]. À l'inverse, plusieurs pays comme les États-Unis, les pays du Golfe, Singapour ou l'Afrique du Sud privilégient un traitement avancé garantissant une qualité élevée avant toute réutilisation, notamment pour des usages urbains ou industriels [10]. D'autres, comme la Tunisie et la Jordanie, adoptent une approche intermédiaire avec un traitement secondaire suffisant pour répondre aux besoins agricoles, en particulier l'irrigation [11]. Dans le bassin méditerranéen, la réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles est fréquente, mais les taux varient fortement d'un pays à l'autre : environ 10 % en Espagne, 20 % en Tunisie [12], et seulement 5 % en Algérie. À l'échelle mondiale, les plus grands utilisateurs en volume sont la Chine, les États-Unis et le Mexique, bien que les deux premiers produisent généralement des eaux de qualité inférieure à celles des pays développant des filières de traitement

avancé. Les projets de réutilisation, principalement tournés vers le secteur agricole, se sont largement développés dans des zones soumises à un stress hydrique chronique : le sud des États-Unis, l'Australie, le bassin méditerranéen, l'Afrique du Sud, ainsi que dans les régions semi-arides d'Amérique latine et d'Asie du Sud. Les États-Unis se démarquent par une expérience de plus de quarante ans dans ce domaine, appuyée par une réglementation stricte, alors que des pays comme l'Algérie peinent encore à structurer une stratégie nationale de valorisation des eaux usées [13].

I.4. État des lieux et perspectives de la réutilisation des eaux usées en Algérie:

La réutilisation des eaux usées traitées constitue une démarche planifiée visant à renforcer la disponibilité en eau pour divers usages, notamment en période de stress hydrique. En Algérie, cette pratique s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale de développement durable, qui prend en compte les volets sociaux, économique et environnemental [14]. Le réseau national d'assainissement couvre environ 27 000 kilomètres, avec un taux de couverture de 85 %, excluant toutefois les zones faiblement peuplées. Chaque année, près de 600 millions de mètres cubes d'eaux usées sont rejetés, dont 550 millions proviennent des régions nord du pays ; ce volume pourrait atteindre 1 150 millions de mètres cubes à l'horizon 2020. La réutilisation de ces eaux à des fins agricoles est prioritairement destinée aux zones en déficit hydrique. Actuellement, plusieurs stations d'épuration, sous la gestion de l'ONA dans les 43 wilayas, participent à cet effort. En 2011, environ 17 millions de mètres cubes ont été réutilisés, permettant l'irrigation de plus de 10 000 hectares de terres agricoles, un chiffre qui devait croître pour atteindre environ 200 millions de mètres cubes en 2014, grâce à l'implication de 25 stations d'épuration [14].

I.4.1. Les normes Algérienne :

Afin de garantir une utilisation sûre des eaux usées traitées dans le domaine agricole, des normes spécifiques ont été établies en Algérie. Le tableau ci-dessous présente les critères de qualité requis pour ces eaux :

**Tableau 1: 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	ds/m	
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				

I.5. Cadre environnemental, réglementaire, législatif et institutionnel de la réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées en Algérie repose sur un ensemble de dispositifs législatifs, réglementaires et institutionnels visant à promouvoir une gestion durable des ressources hydriques. L'Institut Algérien de Normalisation (**IANOR**) travaille à l'élaboration de normes nationales et de guides techniques pour encadrer cette pratique, notamment en agriculture. **Le décret exécutif n°07-149 du 20 mai 2007** encadre juridiquement l'utilisation des eaux usées épurées sous forme de concession, tandis qu'un **arrêté interministériel du 2 janvier 2012** fixe la liste des cultures pouvant être irriguées avec ces eaux.

Les domaines d'application sont variés : agriculture (pâturages, vergers, cultures maraîchères, céréales), aménagement urbain (parcs, espaces récréatifs, terrains de sport), et protection des sols. Institutionnellement, les parties prenantes doivent assurer la sécurité sanitaire, la surveillance de la qualité des eaux et le respect des procédures de concession. Les services publics sont chargés du contrôle sanitaire, environnemental et commercial, tandis que les concessionnaires doivent s'acquitter de redevances fixées par la loi.

Sur le plan environnemental, la réutilisation permet de soulager les écosystèmes aquatiques fragilisés, de restaurer les zones humides, et de recharger les nappes phréatiques, tout en limitant l'intrusion saline et l'évaporation excessive. Ce cadre intégré illustre l'importance stratégique de la réutilisation dans le développement durable de l'Algérie.

.

I.6. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées :

La gestion des ressources en eau et des eaux usées constitue un enjeu majeur pour la durabilité environnementale et économique. Le recours aux eaux usées traitées présente de nombreux avantages, mais il est également essentiel d'en évaluer les limites et les risques potentiels.

I.6.1. Les avantages :

- Réduction de la pression sur les ressources en eau conventionnelles grâce à l'utilisation d'une ressource renouvelable.
- Valorisation des nutriments présents dans les eaux usées traitées, favorisant leur réintégration dans les cycles naturels.

- Économie sur les coûts liés à la collecte et au stockage des eaux de pluie, souvent coûteux à mettre en place.
- Amélioration de la qualité des milieux aquatiques en aval (rivières, lacs, zones côtières) grâce à une meilleure gestion des rejets.
- Renforcement de la productivité agricole, avec une réduction du recours aux engrais chimiques.
- Baisse des coûts de traitement de l'eau pour les usagers situés en aval des installations de réutilisation [2].

I.6.2. Les inconvénients :

- Risques sanitaires pour l'homme et les animaux en cas d'utilisation inappropriée des eaux usées ou recyclées.
- Difficultés de mise sur le marché de certaines productions agricoles, en raison d'une acceptabilité sociale encore limitée.
- Complexité de la composition des eaux usées, rendant leur traitement et leur utilisation plus délicats.
- Qualité insuffisante des eaux recyclées, pouvant entraîner des effets néfastes sur les sols et les cultures.
- Coûts parfois élevés liés au traitement et à la mise aux normes des eaux usées.
- Cadre législatif souvent insuffisant ou mal défini, limitant l'encadrement et la promotion de leur réutilisation.

Conclusion :

En résumé, la valorisation des eaux usées traitées représente une alternative stratégique face aux tensions croissantes sur les ressources en eau, aux enjeux de sécurité alimentaire et aux impératifs environnementaux. Cette pratique permet d'alléger la pression sur les nappes phréatiques et autres réserves en eau douce, tout en encourageant une gestion plus rationnelle et durable de l'eau.

Pour autant, sa mise en œuvre exige une approche globale et équilibrée, intégrant à la fois les aspects techniques, économiques, sociaux et écologiques. L'instauration de normes rigoureuses et de cadres réglementaires cohérents s'avère indispensable afin de garantir la qualité des eaux recyclées, tout en protégeant la santé publique et les milieux naturels.

Bien que des obstacles subsistent qu'ils soient d'ordre technique, réglementaire ou culturel les avantages associés à cette pratique en matière de conservation des ressources, d'adaptation aux

changements climatiques et de développement durable font de la réutilisation des eaux usées une piste incontournable dans une logique de gestion intégrée et résiliente de l'eau.

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

Introduction:

Dans le cadre de la conception et de la réalisation d'une station de traitement des eaux usées pour la commune de RAS EL OUED, il est indispensable d'effectuer une analyse approfondie et précise de la zone d'étude. Cette étape préliminaire permet de recueillir l'ensemble des données relatives au contexte naturel et humain du site, afin de planifier le projet de manière rationnelle et efficace, tout en tenant compte des spécificités locales.

Ce chapitre vise à présenter les principaux aspects de la zone choisie, tant du point de vue physique et naturel que du point de vue humain. L'étude comprend la situation géographique et topographique, les conditions climatiques, ainsi qu'un examen de la situation démographique pour estimer la charge polluante à traiter. Elle inclut également une évaluation de la situation hydrologique, essentielle pour la gestion des rejets et l'intégration environnementale de la station.

L'ensemble de ces données constitue la base technique sur laquelle reposera la conception optimale des ouvrages de traitement, conformément aux normes environnementales et aux exigences de durabilité.

II.1. Présentation de site :

La wilaya, où se déroule notre recherche, est Bordj Bou Arreridj, se trouve dans les Haut Plateaux de Nord-Est en Algérie sa superficie est 3920,42 Km² **ANIREF (2013)**, son chef-lieu se situe à 220 km à l'est de la capitale Alger. Cette wilaya est géographiquement au centre d'un carrefour, Cette wilaya est entourée de quatre autres : au nord par Bejaïa, à l'est par Sétif, au sud par M'Silla et à l'ouest par Bouira. Administrativement, la wilaya est divisée en 10 daïras. Elle est située entre les latitudes 35° et 37° Nord, et entre les méridiens 4° et 5° Est.



Figure 1: situation géographique de la wilaya de BBA

II.1.1. Situation géographique :

La commune de Ras El Oued est située dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, au nord-est de l'Algérie. Elle se trouve dans la région des Hauts Plateaux, à une altitude moyenne de 1 077 mètres, Cette commune s'étend sur une superficie d'environ 233.46 km² et fait partie de la daïra de Ras El Oued, qui regroupe également les communes d'Ain Tesra et Ouled Brahim.

Plus précisément, Ras El Oued est localisée à environ 70 kilomètres au sud-est du chef-lieu de la wilaya (Bordj Bou Arreridj), 60 kilomètres au sud-ouest de la ville de Sétif et à près de 260 kilomètres d'Alger, la capitale du pays. Elle est comprise entre le parallèle 35°56'59.28" de latitude Nord et les méridiens 5°02'09.24" de longitude Est **Subdivision agricole REO (2017).**

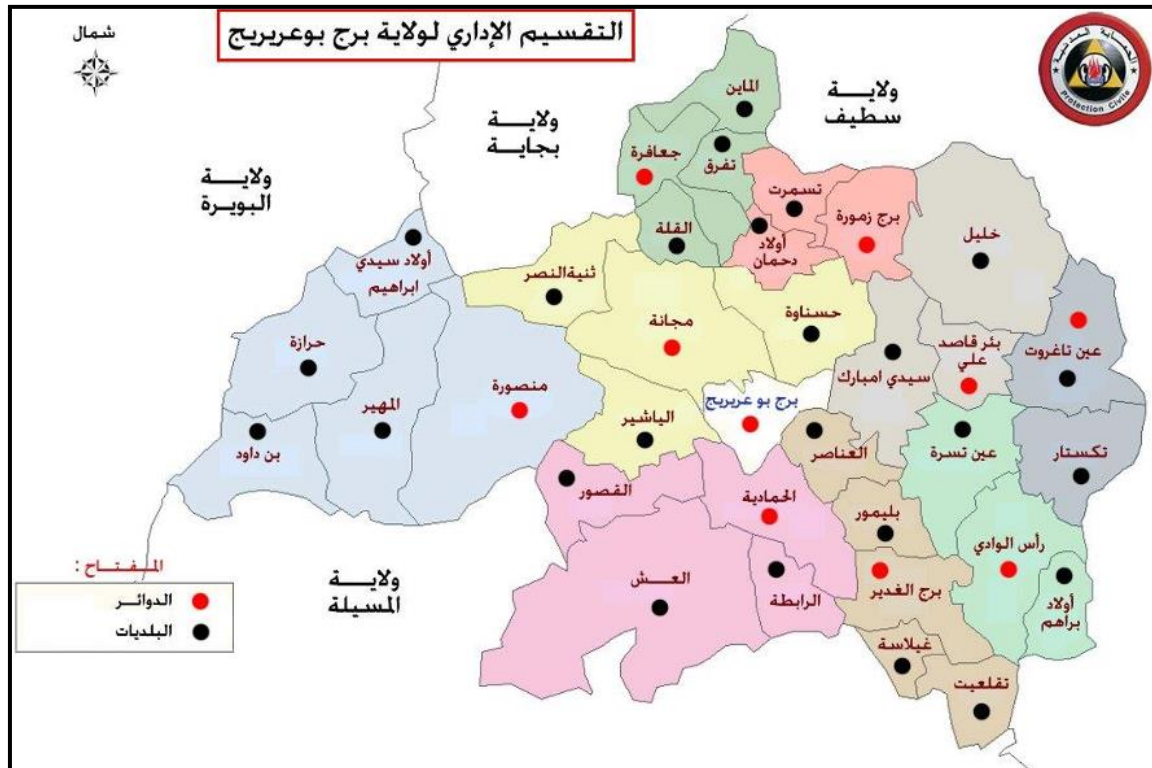


Figure 2: Situation géographique

II.1.2. Situation topographique:

La région de Ras El Oued présente une topographie diversifiée. Dans sa partie sud, le territoire est majoritairement montagneux, atteignant une altitude d'environ 1 200 mètres. En revanche, la partie nord est principalement constituée de plaines, ponctuées de quelques collines et plateaux. Il convient également de noter que le point culminant de la région a été estimé à 1 858 mètres (Subdivision REO, 2017).

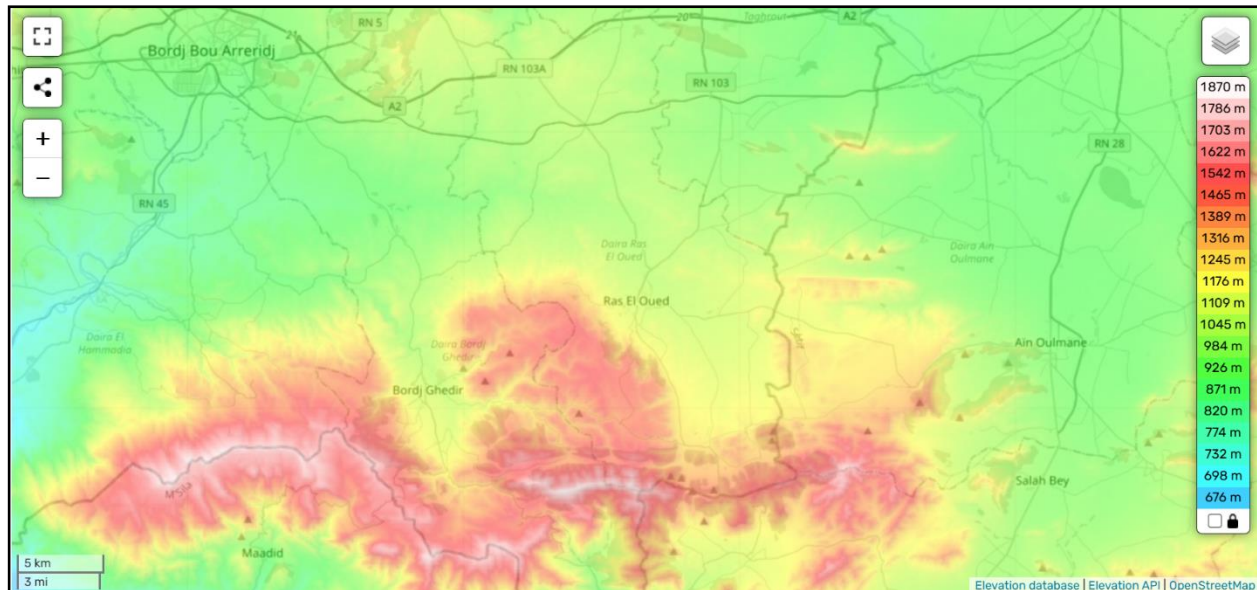


Figure 3: Carte topographique de la région de ras el oued

D'une manière générale, Ras El Oued est une daïra située dans les hautes terres, où l'on distingue trois grandes zones géographiques

- La zone des Plaines steppiques 81.01% sont prédominantes ont utilisé 64.21% comme superficie agriculture.
- La zone collines (10.89%).
- La zone montagnes (8.10%), il cultivé 2.83% pour céréaliculture et/ou pâturage.

II.1.3. Situation climatique :

II.1.3.1. Climat :

À Ras El Oued, les étés sont courts, très chauds, secs et généralement ensoleillés, tandis que les hivers sont longs, très froid, neige et partiellement nuageux. Au cours de l'année.

II.1.3.2. Température :

Des variations extrêmes de température peuvent compromettre l'efficacité d'une station d'épuration. Le froid ralentit considérablement le métabolisme des micro-organismes, réduisant leur capacité à dégrader les matières organiques. À l'inverse, des températures supérieures à 35 °C

peuvent perturber les équilibres biologiques, entraîner la mortalité de certaines souches bactériennes et altérer la qualité du traitement.

Tableau 1: Les niveaux de température

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Température Moy max	27	21	14	10	9	11	14	18	23	30	33	32
Température Moy min	15	10	5	2	1	1	4	6	11	16	19	19
Température moyenne	21	15	9	5	4	6	9	12	17	22	26	26

Source : ONM BBA

L'examen du tableau précédent révèle que les températures culminent entre les mois de juin et août, avec un pic de 33 °C observé en juillet. En revanche, les températures les plus basses sont relevées durant l'hiver, notamment en janvier et février, où elles descendent jusqu'à 1 °C.

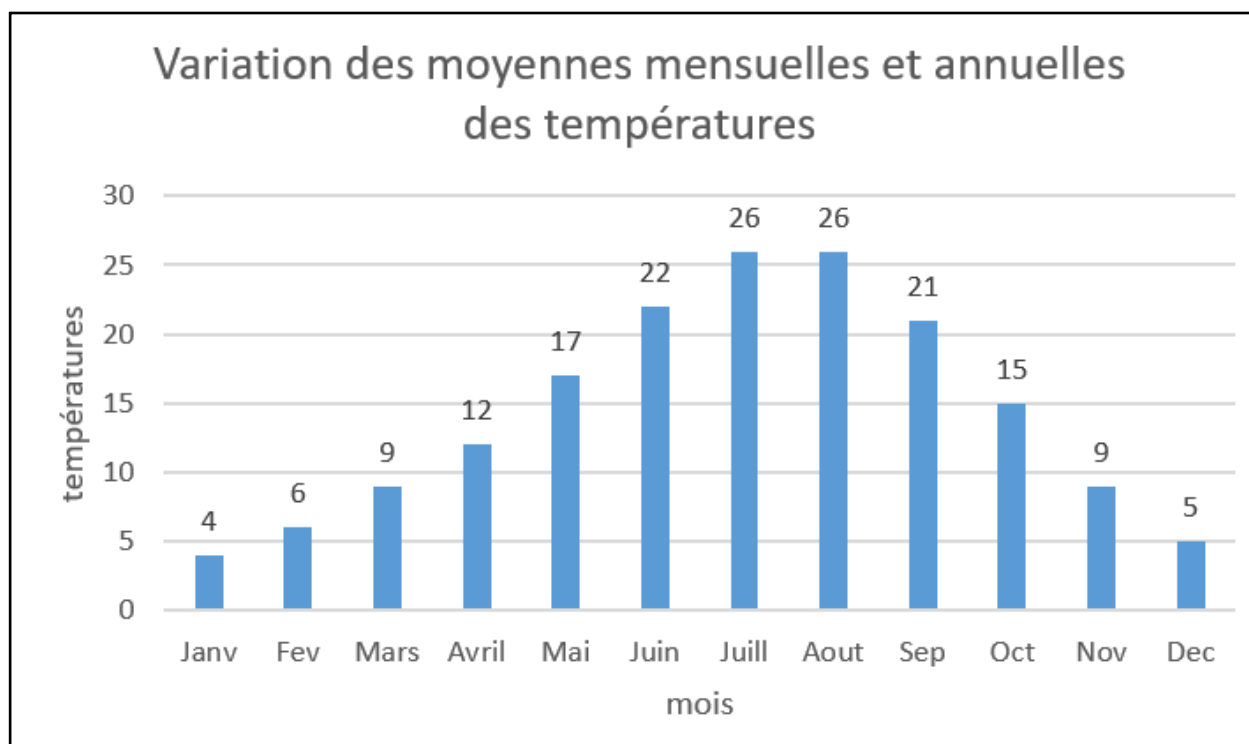


Figure 4: Tendance mensuelle des températures moyennes à Ras El Oued

II.1.3.3. Vent :

La vitesse horaire moyenne du vent à Ras el Oued connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

Tableau 2:la vitesse du vent

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Vts du vent (km/h)	12.9	12.8	13.5	13.8	14	14.3	14.6	14.7	14	13.5	13.4	13

Source : ONM BBA

II.1.3.4. Précipitations :

Dans les systèmes d'assainissement unitaire, les eaux de pluie ont un impact sur les processus de purification à cause de l'augmentation du flux qui arrive à la (STEP).

La zone étudiée se caractérise par une pluviométrie irrégulière et faible. Une grande partie des précipitations s'écoule rapidement le long des oueds, limitant ainsi leur infiltration dans le sol. Le tableau ci-dessous présente les données pluviométriques interannuelles enregistrées dans la région :

Tableau 3: Précipitation moyenne mensuelle

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Pluie (mm)	35,4	34,9	40,2	40	39,4	37,3	40,2	48,4	44,2	19,7	6,6	13,8

Source : ANRH BBA

Le profil pluviométrique se définit par:

- Le régime pluviométrique présente une irrégularité mensuelle, avec un pic enregistré en avril, atteignant 48,4 mm
- La moyenne interannuelle est de **398,9 mm.**

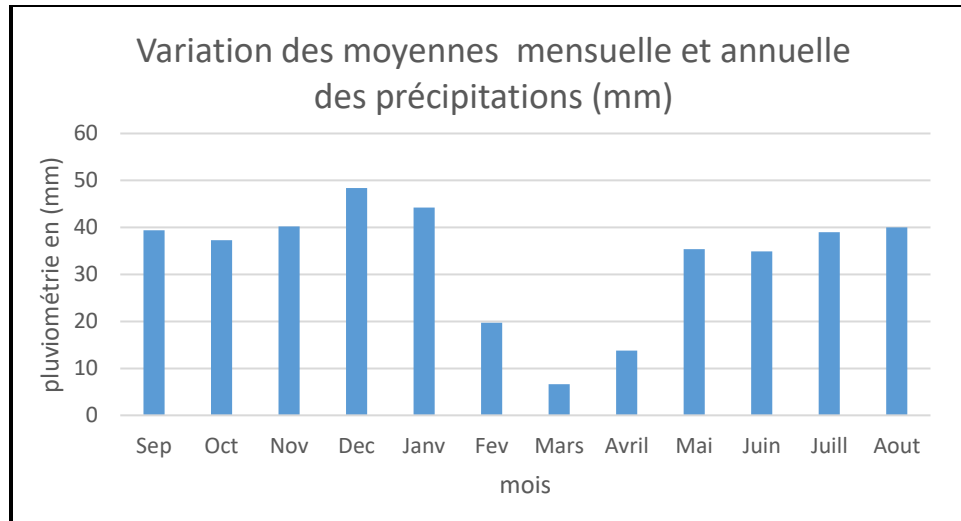


Figure 5: Variation des moyennes de précipitation de Ras el oued

II.1.3.5. Evaporation :

Le phénomène d'évaporation, fortement influencé par la profondeur des bassins de décantation, joue un rôle déterminant dans le processus de traitement. Une évaporation excessive peut entraîner une concentration accrue des substances dissoutes, compromettant ainsi l'efficacité de l'épuration.

Tableau 4: Répartition mensuelle d'évaporation

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Eva (mm)	186.6	114.3	58	32,3	33.1	49.7	97.8	127.6	189	271.3	328.3	304.7

Source : ONM BBA

Selon le tableau, la moyenne de l'évaporation est de 149mm. Le pic maximal est établi à 328,30 mm en juillet, tandis que le minimum est de 33,10 mm en janvier.

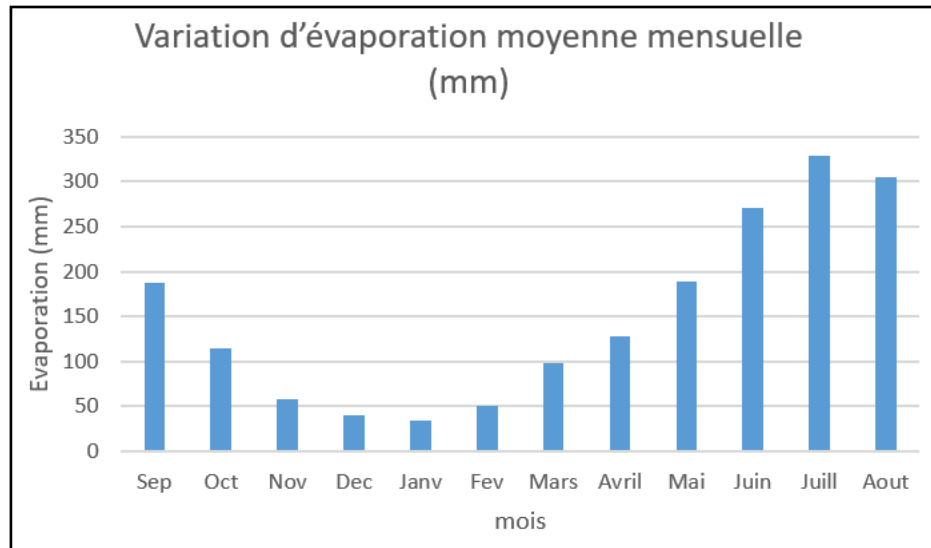


Figure 6: Variation d'évaporation moyenne mensuelle de Ras El Oued

II.1.4. Situation hydraulique :

Une bonne gestion de l'eau est essentielle pour répondre aux besoins locaux et protéger l'environnement. Cela inclut sa préservation et une utilisation responsable.

II.1.4.1. AEP :

La zone est alimentée actuellement par :

- 21 forage
- Transfert à partir de barrage de AIN ZADA la wilaya de SETIF.

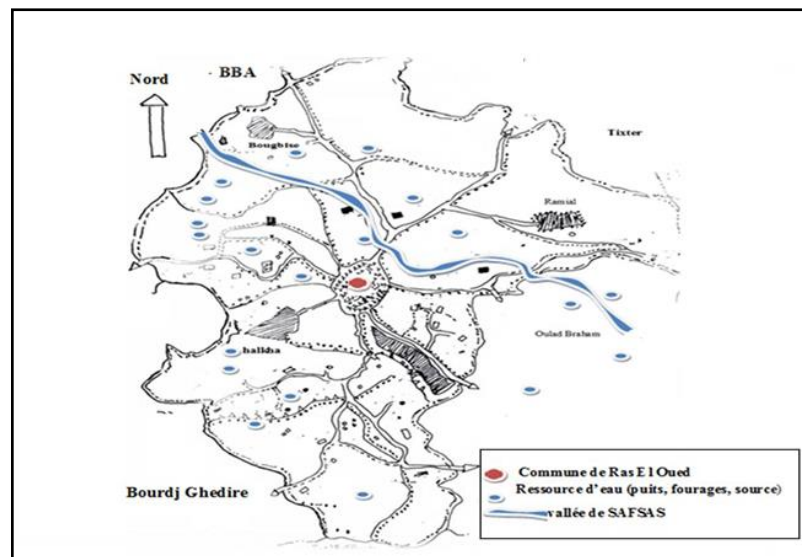


Figure 7: Réseaux hydrographique de daïra de ras el oued

II.1.4.2. Assainissement :

Le réseau d'assainissement de la ville de Ras El Oued est de type unitaire. Il est conçu pour collecter et évacuer à la fois les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement.

- Le réseau d'assainissement est constitué de conduites circulaires de diamètres atteint 1500mm.

II.1.5. Situation démographique :

D'après les données recueillies auprès de l'APC de Ras El Oued, la répartition de la population est la suivante :

Tableau 5:la répartition de la population par Commune Daïra de Ras el oued

Commune	Superficies (Km ²)	Population	Densité (Hab/Km ²)
Ras El Oued	139,13	51 950	373.39
Ouled Brahem	76,03	9 291	122,2
Ain Tassera	117,31	11 056	94.25
Total Daïra	233,46	72 297	

II.1.6. Présentation des analyses des eaux usées évacuées au STEP :

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses des eaux usées destinées à être traitées par la future station d'épuration (STEP) :

Tableau 6:les analyses des EU

Paramètre	unité	Valeur
Température	C°	21
ph		7.65
DBO5	mg/l	450
MES	mg/l	541.7
DCO	mg/l	855
NTK	mg/l	61.7
Huiles et graisses	mg/l	0.36

Source : DRE BBA

Interprétation:

Les analyses des eaux usées de la commune de Ras El Oued font ressortir les caractéristiques suivantes :

Une température de 21 °C est considérée comme normale pour des eaux usées urbaines et favorable à l'activité biologique des bactéries, sans présenter de risque thermique particulier.

Le pH mesuré est de 7,65, bien situé dans la plage optimale (6,5 – 8,5) et favorable à l'activité des micro-organismes dans le traitement biologique.

La quantité d'huiles et de graisses est faible, ce qui s'explique par la nature domestique du rejet. On remarque que tous les paramètres (MES, DCO, DBO5, NTK) dépassent leurs valeurs limites de rejet en milieu naturel, ce dépassement ayant un impact négatif sur l'environnement, notamment :

MES : Il s'agit d'une pollution particulière non soluble qui provoque des nuisances esthétiques, des dépôts et envasements nuisibles à la navigation, favorise les inondations, peut entraîner le colmatage des voies respiratoires des poissons causant leur mortalité, et augmente la turbidité de l'eau, ce qui gêne la pénétration des rayonnements lumineux et le processus de photosynthèse responsable de la production d'oxygène.

DCO et DBO5 : leur présence traduit la présence de pollution organique dont la dégradation par voie bactérienne consommera l'oxygène dissous dans le cours d'eau en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (par le dépôt des matières organiques au fond des rivières) de fermentations anaérobies (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives.

Azote : C'est un nutriment à l'origine des phénomènes d'eutrophisation, ce qui provoque le développement et de la prolifération excessive d'algues et de plantes vertes dans le milieu aquatique, ces plantes vertes et algues consomment de grandes quantités d'oxygène et provoquent une asphyxie du milieu aquatique.

La biodégradabilité :

Le rapport DCO/DBO₅ est de 1,9, ce qui est inférieur ou égal à 2,5, indiquant que les eaux usées sont de nature domestique et facilement biodégradables.

II.1.7. Choix de site de la station d'épuration :

II.1.7.1. Situation géographique :

- La STEP est située à (35.964139° N, 5.029250° E).
- Localisée à 1 040 m d'altitude.

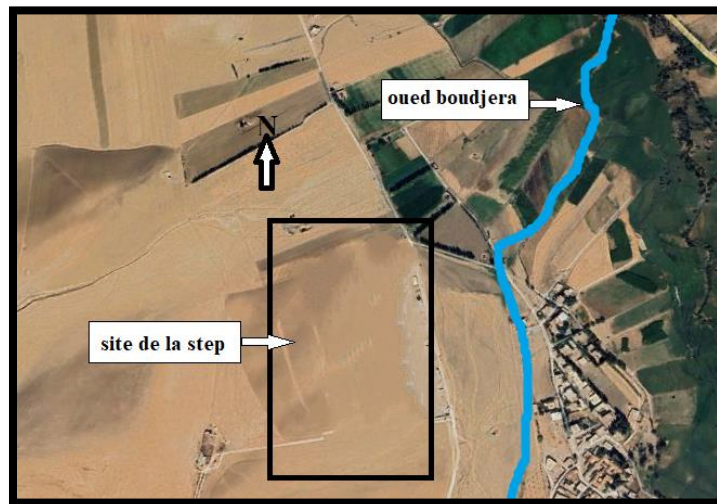


Figure 8: Le site de la STEP sur Google Earth

II.1.7.2. Les avantages de site :

Le site retenu, d'une superficie de 7 hectares, présente plusieurs avantages stratégiques :

- Situé en zone agricole, il est entouré d'exploitations, ce qui favorise la réutilisation des eaux épurées à des fins d'irrigation.
- Se trouve dans une zone éloignée des zones résidentielles.
- Traversé par l'oued de Boudjera, le site constitue une voie d'évacuation des eaux épurées en l'absence de leur réutilisation dans les périmètres d'irrigation.
- L'existence de la ligne électrique de haute et moyenne tension.
- Le site sélectionné se situe en dehors des limites prévues pour les extensions futures.
- Le site est éloigné de l'oued donc il n'a pas de risque d'inondation 760 m de l'oued.

Conclusion :

Ce chapitre a permis de rassembler l'ensemble des données fondamentales nécessaires à la conception d'une station d'épuration, en abordant les aspects topographiques, géologiques, climatiques, démographiques et hydrauliques du site. Compte tenu de la qualité des eaux usées de la commune de Ras El Oued, il devient indispensable de mettre en place une station d'épuration afin d'améliorer la qualité des rejets et de permettre leur réutilisation pour l'irrigation des zones agricoles situées à proximité.

CHAPITRE III

Estimations des charges

Introduction:

Au début il est essentiel de connaître les débits ainsi que les charges polluantes à traiter. Ces paramètres constituent des facteurs déterminants pour le dimensionnement des différentes unités d'ouvrage d'une station de traitement des eaux usées.

III.1. Estimation des charges polluantes et hydraulique :

Dans le cadre de l'évaluation quantitative de la pollution, il est nécessaire d'estimer les charges hydrauliques et polluantes aux horizons 2055.

III.1.1. Les charges hydrauliques :

III.1.1.1. Etude démographie :

Pour évaluer la population avenir à l'horizon de 2055 on se réfère à la relation des intérêts composés suivante :

$$P_n = P_{act}(1 + \tau)^n \dots\dots\dots(III.1)$$

P_n : Population à l'horizon de 2055.

P_{act} : Population actuelle de l'année 2025.

τ : Taux d'accroissement $\tau = 1.44 \%$.

n : Nombre d'années séparant l'année future et l'année actuelle.

III.1.1.2. Débit moyen journalier de consommation :

La consommation en eau d'une agglomération est estimée en fonction de la dotation journalière, qui dépend de sa taille et de la catégorie du consommateur, elle est exprimée par la formule :

$$Q_{moy_{consomé}} = \frac{\text{dotation} \times \text{nombre d'habitant}}{24 \times 3600} \dots\dots\dots(III.2)$$

Dotation : 150 l/j/hab.

III.1.1.3. Débit moyen journalier des eaux usées domestiques :

Les rejets d'eaux usées dépendent de la consommation d'eau potable, laquelle est influencée par la quantité utilisée et le niveau de confort de vie des habitants en zone urbaine. Environ 80 % de l'eau potable consommée est rejetée sous forme d'eaux usées. Le débit d'eaux usées domestiques peut être estimé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{moy_{usée}} = Q_{moy_{consomé}} \times C_{rej} \dots\dots\dots(III.3)$$

Tel que :

C_{rej} : coefficient de rejet estimé à 80% de l'eau potable.

III.1.1.4. Débit moyen journalier des eaux usées des équipements :

Les besoins des équipements sont estimés à 10 % des besoins domestiques et les eaux parasites à 5 %, donc le total est de 15 %

$$Q_{moy_{usée,eq}} = Q_{moy_{usée}} \times 0.15 \dots\dots\dots(III.4)$$

Tel que :

$Q_{moy_{usée,eq}}$: Débit moyen journalier des eaux usées des équipements.

$Q_{moy_{usée}}$: Débit moyen journalier des eaux usées domestiques.

III.1.1.5. Débit total des eaux usées :

$$Q_{moy_{usée,T}} = Q_{moy_{usée}} + Q_{moy_{usée,eq}} \dots\dots\dots(III.5)$$

Tel que :

$Q_{moy_{usée,T}}$: Débit total des eaux usées.

$Q_{moy_{usée}}$: Débit moyen journalier des eaux usées domestiques.

$Q_{moy_{usée,eq}}$: Débit moyen journalier des eaux usées des équipements.

III.1.1.6. Débit de point au temps sec :

$$Q_{point_{sec}} = Q_{moy_{usée,T}} \times K_p \dots\dots\dots(III.6)$$

Tel que :

$Q_{point_{sec}}$: Débit de point au temps sec.

K_p : coefficient de pointe.

$Q_{moy_{usée,T}}$: Débit total des eaux usées.

Le coefficient de pointe est donné par la relation suivante :

- $K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy_{usée}}}}$ Si $Q_{moy_{usée,T}} > 2,8 \text{ (l/s)}$
- $K_p = 3$ Si $Q_{moy_{usée,T}} \leq 2,8 \text{ (l/s)}$

III.1.1.7. Débit de point en temps de pluie :

Il est calculé par le débit de pointe en temps sec multiplié par un coefficient de dilution compris entre 3 et 5.

$$Q_{\text{point}_{\text{pluie}}} = Q_{\text{point}_{\text{sec}}} \times (3 \sim 5) \dots\dots\dots(\text{III.7})$$

Tel que :

$Q_{\text{point}_{\text{pluie}}}$: Débit de point en temps de pluie.

$Q_{\text{point}_{\text{sec}}}$: Débit de point au temps sec.

III.1.1.8. Equivalent habitant :

L'équivalent habitant (EH) est une unité utilisée pour exprimer la charge polluante produite par une personne en une journée, il est déterminé par la formule suivante :

$$EH = \frac{Q_{\text{moy}_{\text{usée},T}} \times 1000}{\text{dotation} \times C_{\text{rej}}} \dots\dots\dots(\text{III.8})$$

Tel que :

EH : L'équivalent habitant (EH)

$Q_{\text{moy}_{\text{usée},T}}$: Débit total des eaux usées.

Dotation : 150 l/j/hab.

C_{rej} : coefficient de rejet estimé à 80% de l'eau potable.

III.1.2. Les charges polluantes :

La charge polluante est calculée par la relation suivante :

$$\text{La charge de la matière polluante} = C \times Q_{\text{moy usée,T}} \text{ (Kg/j)}.$$

Tel que :

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

$Q_{\text{moy usée,T}}$: Débit moyen total des eaux usées.

III.1.2.1. Charge journalière en DBO5 :

$$DBO5 = [DBO5] \times Q_{\text{moy usée,T}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(III.9)$$

$$DBO5 = 450 \times 11008.95 \times 10^{-3}$$

$$DBO5 = 4954.027(Kg/j)$$

III.1.2.2. Charge journalière en DCO :

$$DCO = [DCO] \times Q_{\text{moy usée,T}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(III.10)$$

$$DCO = 855 \times 11008.95 \times 10^{-3}$$

$$DCO = 9412.65(Kg/j)$$

III.1.2.3. Charge journalière en MES :

$$MES = [MES] \times Q_{\text{moy usée,T}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(III.11)$$

$$MES = 541,7 \times 11008.95 \times 10^{-3}$$

$$MES = 5963.54(Kg/j)$$

III.1.2.4. Charge journalière en NTK :

$$NTK = [NTK] \times Q_{\text{moy usée,T}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(III.12)$$

$$NTK = 61.7 \times 11008.95 \times 10^{-3}$$

$$NTK = 679.24(Kg/j)$$

Les résultats totaux sont résumés dans un tableau récapitulatif des données de base :

Tableau 1: Base de dimensionnement de la STEP pour l'horizon de 2055

Type de réseau	Unitaire	
Nature des eaux usées	Domestique	
Charges hydrauliques		
Paramètres	Unité	Horizon 2055
Population	Habitants	79775
Equivalent habitant	EH	91741.25
Dotation	(l/hab/jr)	150
Coefficient de rejet	(%)	80
Débit moyen journalier de consommation	(m3/j)	11966.25
Débit moyen journalier des eaux usées domestiques	(m3/j)	9573
Débit moyen journalier des eaux usées des équipements	(m3/j)	1435.95
Débit total des eaux usées	(m3/j)	11008.95
Coefficient de pointe Kp		1.72
Débit de pointe en temps sec	(m3/j)	18935.39
Débit de pointe en temps de pluie	(m3/j)	56806.182
Charges polluantes		
Paramètres	Unité	Horizon 2055
Charge en DBO5	(Kg/j)	4954.027
Charge en M.E.S	(Kg/j)	5963.65
Charge en DCO	(Kg/j)	9412.65
NTK	(Kg/j)	679.24

III.2.3 Performances exigées :

La qualité de l'effluent traité par la filière de traitement doit respecter les caractéristiques de l'effluent en sortie telles que définies dans le marché :

Tableau 2:les normes de rejets

Paramètres	Unité	Concentration en mg/l
DBO5	mg/l	≤ 30
M.E.S	mg/l	≤ 30
DCO	mg/l	≤ 120
NTK	mg/l	≤ 30

Conclusion :

Nous avons tout d'abord évalué la pollution présente dans l'effluent de notre zone d'étude à l'aide de méthodes à la fois qualitatives et quantitatives. Dans la continuité de ce travail, nous allons procéder au dimensionnement de la future station d'épuration à l'horizon 2055, en tenant compte des charges polluantes et hydrauliques identifiées. L'objectif principal est de concevoir un système capable de traiter efficacement les eaux usées afin de permettre leur réutilisation en agriculture.

CHAPITRE IV

Dimensionnement de la STEP

Introduction:

Dans le cadre d'une planification à long terme, ce chapitre a pour objectif de dimensionner les ouvrages, en se basant sur les données de calcul précédemment fournies, et ce à l'horizon de l'année 2055.

Sur la base du rapport de biodégradabilité et de la nature des eaux usées, le procédé des boues activées a été retenu comme solution technique adaptée, grâce à son efficacité et à sa compatibilité avec les spécificités du site.

IV.1. Ouvrages de prétraitements :

Lors des procédé de traitement, les éléments solides ou particuliers les plus grossiers tels que les déchets volumineux, les sables ou les graisses peuvent perturber les étapes de traitement ultérieures ou endommager les équipements [15].

Pour les éliminer, divers équipements sont mis en place, notamment le dégrillage, ainsi que le dessablage-déshuilage.

IV.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage est une étape essentielle dans le traitement des eaux usées. Il permet d'éliminer les particules solides de grande taille présentes dans les eaux brutes, afin d'éviter les obstructions des pompes et les colmatages des conduites au sein des différents équipements de la station d'épuration (STEP).

IV.1.1.1. Calcule la largeur et la surface de la grille

Selon la méthode de KRISHMER [16] :

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

$$S_g = \frac{Q_{point}}{V_e} \dots \dots \dots (IV.1)$$

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

$$L_{grille} = \frac{\sin \alpha}{(1 - \beta) \times \delta} \times \frac{Q_{point}}{H_{max} \times V_e} \dots \dots \dots (IV.2)$$

Tel que :

L_{grille} : La largeur de la grille.

Q_{point} : Débit de point.

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

H_{max} : hauteur maximum d'eau admissible sur une grille, $H_{max} = (0.15 \sim 1.5)m$.

δ : Coefficient de colmatage de la grille.

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

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

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

$$\beta = \frac{d}{d+e} \dots \dots \dots (IV.3)$$

d: Epaisseur des barreaux (cm).

e: Espacement des barreaux (cm).

S : Surface de passage de l'effluent (m^2). $S = \frac{Q_{point}}{V_e}$

V_e : vitesse de l'écoulement à travers de la grille ; $V_e = (0.6 \sim 1.2) m/s$.

Tableau 1 :Espace et épaisse Grille grossière des barreaux

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

Les données utilisées pour le dimensionnement du dégrilleur grossier et dégrilleur fine sont :

Tableau 2:Les données de base pour dimensionner le dégrillage grossier et fin

Paramètre	H_{max}	d	e	δ	β	V_e	α
dégrilleur fine	1,5	1	2	0.5	0.333	1	70
dégrilleur grossier	1,5	2	5	0.5	0.286	1	70

IV.1.1.2. Calcul de nombre des barreaux :

$$N_b \times d + N_e \times e = L_{grille} \dots\dots\dots(IV.4)$$

Tel que :

e : Espacement des barreaux (cm).

L_{grille} : largeur de la grille.

d : Epaisseur des barreaux (cm).

N_b : nombre des barreaux ; $N_b = \frac{L_{grille}-e}{e+d}$

N_e : nombre d'espacement ; $N_e = N_b + 1$.

IV.1.1.3. Estimation des pertes de charge :

KIRSCHMER a établi un lien entre la perte de charge, le coefficient de forme des barreaux, ainsi que l'angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale.

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

Tel que :

ΔH : La perte de charge (m).

β : Coefficient qui tient compte de la forme des barreaux

$\frac{d}{e}$: Épaisseur des barreaux /espacement entre les barreaux (cm).

V : vitesse d'écoulement dans la grille (m/s).

g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2).

α : Angle d'inclinaison de grille par rapport à l'horizontal.

Tableau 3:valeurs de coefficient β en fonction de type des barreaux

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

On prend les barreaux de section rectangulaire pour les deux grilles

IV.1.1.4. Détermination des quantités de déchets retenus:

La quantité de déchets solides retenus par les grilles est essentiellement déterminée par deux paramètres principaux.

- Le débit de l'effluent (quantité d'eau à traiter).
- La finesse du dégrillage (taille des ouvertures de la grille).

Pour les eaux usées urbaines, les quantités moyennes de déchets récupérés annuellement par habitant sont estimées à :

- 2 à 5 litres par habitant et par an pour un dégrillage grossier.
- 5 à 10 litres par habitant et par an pour un dégrillage fin.

$$V_{refus} = \frac{EH \times V_{retenus} \times 10^{-3}}{365} \dots \dots \dots (IV.6)$$

Le dimensionnement du dégrillage est résumé dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4: récapitulatif de dimensionnement de dégrilleur

Horizon 2055			
Paramètres	Unité	grille grossière	grille fine
La hauteur max de l'eau H_{max}	(m)	1.5	1.5
Epaisseur des barreaux d	(cm)	2	1
Espacement des barreaux e	(cm)	5	2
Largeur de la grille L_{grille}	(m)	1.1	1.17
Longueur de la grille l	(m)	0.6	0.56
Surface	(m ²)	0.657	0.657
Nombre des barreaux		15	38
Perte de charge ΔH	(cm)	3.82	6
Volume de refus min	(m ³ /j)	0.502	1.25
Volume de refus max	(m ³ /j)	1.25	2.51

Pour éviter les pannes et garantir la continuité du service, nous allons installer deux dégrilleurs grossiers et deux dégrilleurs fins, ce qui permettra une alternance ou une redondance en cas de maintenance ou de panne

IV.1.2. Dessablage-déshuilage :**IV.1.2.1. Dimensionnement de dessablage-déshuilage :**

Le dessableur est une structure conçue pour permettre la décantation des particules denses dont la vitesse d'écoulement est inférieure à 0,3 m/s [17], telles que les sables. Il est préférable de retirer ces particules en amont de la station d'épuration afin d'éviter leur accumulation dans certaines zones sensibles, comme les bassins d'aération. En effet, une telle accumulation peut entraîner une usure prématurée des éléments métalliques des pompes et d'autres équipements, en raison de leur effet abrasif, et provoquer également l'obstruction des canalisations.

REMARQUE : Dans le cas des eaux usées urbaines, le dessablage et le dégraissage sont souvent réalisés dans un même ouvrage.

Pour la décantation des particules il faut vérifier la condition suivante :

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

L : Longueur du bassin (m) ;

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

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

V_s : la vitesse de sédimentation (vitesse $V_s = 10$ à 15 m/h en temps sec) et (40 à 70 m/h temps de pluie) ;

L/H : varier de 10 à 15 ;

T_s : le temps de séjour et compris entre 3 à 10 minute au débit de pointe.

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

Tableau 5: données de base pour dimensionnement de dessableur-deshuileur

Paramètres	Q_{point} (m ³ /h)	H (m)	V_e (m/s)	V_s (m/h)	T_s (min)
Valeur	2365.2	2	0.3	40	3

IV.1.2.1.1. La surface horizontale (S_h) :

$$S_h = \frac{Q_{point}}{V_s} \dots \dots \dots (IV.8)$$

$$S_h = \frac{2365.2}{40}$$

$$S_h = 59.13 m^2$$

IV.1.2.1.2. Volume :

$$V = S_h \times H \dots \dots \dots (IV.9)$$

$$V = 59.13 \times 2$$

$$V = 118.26 m^3$$

IV.1.2.1.3. La longueur (L) :

$$\frac{L}{H} = 12 \dots \dots \dots (IV.10)$$

$$L = 12 \times H$$

$$L = 24 m$$

IV.1.2.1.4. La largeur (B) :

$$S_h = L \times B \dots \dots \dots (IV.11)$$

Alors

$$B = \frac{S_h}{L} \dots \dots \dots (IV.12)$$

$$B = 2.463 \approx 2.5 m$$

IV.1.2.1.5. Débit volumique d'air injecté

La quantité d'air à injecter est donnée par la relation :

$$Q_{air} = Q_{point} \times V \dots \dots \dots (IV.13)$$

Tel que :

Q_{air} : débit d'air

V : volume d'air à injecter varie de 1 à 1.5 m^3 d'air / m^3 .

On prend : V = 1.5 m^3 d'air / m^3 .

$$Q_{air} = 0.657 \times 1.5$$

$$Q_{air} = 0.97 m^3/s$$

On Vérifie les conditions de dimensionnement :

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s}$$

On a $\frac{24}{2} < \frac{0.3}{0.011}$, alors $12 < 27.27$, Donc la condition de dimensionnement est vérifiée.

Tableau 6: Résultats du dimensionnement de dessableur

Paramètres	Unité	Valeur
Longueur L	(m)	24
Largeur B	(m)	2.5
Surface horizontale S_h	(m^2)	59.13
Hauteur H	(m)	2
Volume V	(m^3)	118.26
Temps de séjour Ts	(min)	3
Débit volumique d'air injecté	(m^3/s)	0.97

IV.1.2.2. Quantité de matières éliminées :

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

Tableau 7: Pourcentage de MVS

$\frac{MES}{DBO_5}$	1,5	1,17	1	0,83	0,67
%MVS	60	65	68	70	75

(Journal officiel de la république algérienne N°26 ,23 avril 2006)

Dans notre cas le rapport MES/ DBO5 = 5963.65 / 4954.027 = 1,20.

Alors : MES = 64,55% MVS + 35,45% MM= 5963.65Kg/j

- Les matières minérales totales :
 - MM = 0,3545 * 5963.65= 2114.11 kg/j
- Les matières volatiles en suspension :
 - MVS = 0,6455 * 5963.65= 3849.53 kg/j

REMARQUE : Le dessableur permet d'éliminer des 80% des matières minérales totales.

- Les matières minérales éliminées par le dessableur :
 - $MM_e = 0,80 \times 2114.11 = 1691.28 \text{ kg/j}$
- Les matières minérales à la sortie de dessableur :
 - $MM_s = 2114.11 - 1691.28 = 422.822 \text{ kg/j}$
- MES sortants du dessableur :
 - $MES_s = MVS + MM_s = 3849.53 + 422.822 = 4272.352 \text{ Kg/j}$

IV.2. Traitement primaire (décanteur primaire) :

Au vu de la concentration en DBO₅, un traitement physico-mécanique par décantation est nécessaire pour abaisser la charge organique et optimiser le rendement du traitement biologique.

IV.2.1.1. Dimensionnement du décanteur primaire :

Pour des raisons économiques on va dimensionner un décanteur d'une forme circulaire avec les caractéristiques suivantes :

Tableau 8: données de base pour dimensionnement de décanteur

Forme	$Q_{point}(\text{m}^3/\text{h})$	$V_s (\text{m}/\text{h})$	$T_s(\text{h})$	H (m)
Circulaire	2365.2	2	(1~2)	(2~6)

Tel que :

V_s : la vitesse de chute (charge superficielle) ;

T_s : temps de séjour ;

H : la hauteur d'eau ;

IV.2.1.2. Calcul de volume de décanteur primaire:

$$Volume_{décanteur} = Q_{point} \times T_s \dots \dots \dots (IV.14)$$

$$Volume_{décanteur} = 2365.2 \times 1$$

$$Volume_{décanteur} = 2365.2 \text{ m}^3$$

IV.2.1.3. Calcul de surface de décanteur :

$$S_h = \frac{Q_{point}}{V_s} \dots \dots \dots (IV.15)$$

$$S_h = \frac{2365.2}{2}$$

$$S_h = 1182.6m^2$$

IV.2.1.4. Calcul la hauteur de décanteur :

$$H = \frac{Volume_{décanteur}}{S_h} \dots \dots \dots (IV.16)$$

$$H = \frac{2365.2}{1182.6}$$

$$H = 2m$$

IV.2.1.5. Calcul de diamètre :

$$Diamètre = \sqrt{\frac{4 \times S_h}{\pi}} \dots \dots \dots (IV.17)$$

$$Diamètre = \sqrt{\frac{4 \times 1182.6}{\pi}}$$

$$Diamètre = 38.8m$$

IV.2.2. Evaluation des charges :

Sachant que le décanteur primaire permet l'élimination de 35 % de la DBO5 et 60 % de la MES et 35% DCO.

Ce tableau récapitule les charges éliminées par le décanteur primaire :

Tableau 9:Evaluation des charges éliminées par le décanteur

polluants	entrée(mg/l)	sortie (mg/l)	entrée(kg/j)	sortie (kg/J)
DBO5	450	292.5	4954.027	3220.117
M.E.S	541.7	216.68	5963.65	2385.46
DCO	855	555.75	9412.65	6118.222

Récapitulatif des résultats des calculs du décanteur primaire :

Tableau 10: résultat de calcul de traitement primaire

Paramètre	unité	Valeur
La surface	m^2	1182.6
Volume (V)	m^3	2365.2
Hauteur (H)	m	2
Le diamètre (D)	m	38.8
DBO ₅ éliminée (DBO _{5e})	Kg /j	1733.91
DCO éliminée (DCO _e)	Kg /j	3294.428
DBO ₅ à la sortie du bassin (DBO _{5s})	Kg /j	3220.117
DCO à la sortie du bassin (DCO)	Kg /j	6118.222
MES éliminées (MES _e)	Kg /j	3578.19
MES à la sortie (MES _s)	Kg /j	2385.46
Les matières volatiles en suspension éliminée par le décanteur (MVS _e)	Kg /j	2309.721
Les matières volatiles en suspension à la sortie du décanteur (MVS _s)	Kg /j	1268.468

IV.3. Traitement secondaire :

La station d'épuration de la ville de Ras El Oued fonctionne selon le procédé des boues activées. Afin de justifier le choix du type de traitement appliqué à faible, moyenne ou forte charge il est nécessaire de calculer le rendement d'élimination. Ce rendement permettra de déterminer la catégorie du procédé utilisé, en s'appuyant sur les valeurs de la charge volumique (Cv) et de la charge massique (Cm).

Tableau 11: Classes du procédé du traitement biologique à boue activée

Type	Cv (kg DBO5/m3.j)	Cm (Kg DBO5/Kg MVS.j)	Rendement DBO5 (%)
Faible charge	0.3-0.8	0.1-0.2	> 90%
Moyenne charge	0.8-1.8	0.2-0.5	90
Forte charge	1.8	0.5-1	80-90

Calcul du rendement d'élimination R :

$$R = \frac{\text{Concentration de DBO5 entrée} - \text{Concentration de DBO5 sortie}}{\text{Concentration de DBO5 entrée}} \times 100 \dots \dots \dots (\text{IV.18})$$

$$R = \frac{292.5 - 30}{292.5} \times 100 = 89.74\%$$

D'après le rendement, le type de procédés par boues activées est un procédés à moyenne charge, tel que :

La charge massique : $0.2 < Cm < 0.5$ (kg DBO5/m³. j).

La charge volumique : $0.8 < Cv < 1.8$ (kg DBO5/m³. j)

IV.3.1. Dimensionnement de bassin d'aération**IV.3.1.1. Volume de bassin**

Le volume du bassin est déduit de la charge volumique Cv tel que :

$$C_v = \frac{\text{La charge en DBO5 à l'entrée du bassin d'aération en (Kg/j)}}{\text{Volume du bassin en (m3)}} \dots \dots \dots (\text{IV.19})$$

Donc :

$$\text{Volume} = \frac{3220.117}{1}$$

$$\text{Volume} = 3220.117 \text{m}^3$$

IV.3.1.2. Hauteur de bassin

H est compris entre 3 et 8 m, on prend H = 4 m

$$H = 4 \text{ m}$$

IV.3.1.3. La surface horizontale de bassin

$$\text{Surface} = \frac{\text{volume}}{\text{hauteur}} \dots \dots \dots (\text{IV.20})$$

$$\text{Surface} = \frac{3220.117}{4}$$

$$\text{Surface} = 805.03 \text{m}^2$$

IV.3.1.4. Longueur et Largeur du bassin :

$$\text{On a : } L = 2 \times l \dots\dots\dots(\text{IV.21})$$

$$\text{Avec : } Surface = L \times l = 2 \times l^2 \dots\dots\dots(\text{IV.22})$$

$$\text{Donc } l = \sqrt{\frac{Surface}{2}} = \sqrt{\frac{805.03}{2}}$$

$$l = 20.06m$$

$$\text{Alors } L = 40.12m$$

IV.3.1.5. Temps de séjour T_s

$$T_s = \frac{volume}{Q_{point}} \dots\dots\dots(\text{IV.23})$$

$$T_s = \frac{3220.117}{18935.39 \div 24}$$

$$T_s = 4h4min53second \approx 4.1h$$

Récapitulatif des résultats des calculs du bassin d'aération:

Tableau 12:Résultat de dimensionnement du bassin d'aération

Paramètre	unité	Valeur
La surface	m^2	805.03
Volume (V)	m^3	3220.117
Hauteur (H)	m	4
La longueur	m	40.12
Largeur	m	20.06
Temps de séjour	h	4.1

IV.3.1.6. Masse des boues dans le bassin X_t

$$C_m = \frac{Q \times C}{X_a} \dots\dots\dots(\text{IV.24})$$

Tel que :

Q : débit à traiter

C : Concentration de DBO5

X_a : masse de la boue en kg en MVS

$$X_a = \frac{3220.117}{0.4}$$

$$X_a = 8050.29 \text{ Kg MVS}$$

IV.3.1.7. Concentration des boues dans le bassin

$$[X_a] = \frac{X_a}{\text{Volume}_{ba}} \dots \dots \dots \text{(IV.25)}$$

$$[X_a] = \frac{8050.29}{3220.117}$$

$$[X_a] = 2.5 \text{ kg MVS / m}^3$$

Tableau 13: Les valeurs de la masse et la concentration des boues

Paramètre	unité	Valeur
$[X_a]$	kg MVS/m^3	2.5
X_a	kg MVS	8050.39

IV.3.2. Dimensionnement de bassin d'anoxie

IV.3.2.1. Volume de bassin

Le calcul du volume du bassin est effectué à partir de la relation suivant :

$$\text{Volume} = \frac{N_a \text{ nitrifier} \times 1000}{V_{\text{denitrification}} \times [X_a] \times 24} \dots \dots \dots \text{(IV.26)}$$

N_a nitrifier : Quantité à nitrifier

$$N_a \text{ nitrifier} = \text{NTK}_{\text{entrée}} - \text{NTK}_{\text{assimilé}} - \text{NTK}_{\text{rejeté}}$$

$\text{NTK}_{\text{entrée}}$: Charge azote KJELDAHL apportée par l'eau brute

$\text{NTK}_{\text{assimilé}}$: Charge azote KJELDAHL assimilée essentiellement par les bactéries

Avec : $\text{NTK}_{\text{assimilé}} = 5\% \text{DBO}_5$ éliminée dans le bassin biologique

$\text{NTK}_{\text{rejeté}}$: Charge azote KJELDAHL rejetée avec l'eau épurée

$[X_a]$: concentration de la boue en kg en MVS

$V_{\text{denitrification}}$: Vitesse de la réaction de dénitrification (g NO₃/kg MVS.h)

On a :

$$NTK_{\text{entrée}} = 679.24 \text{ kg/j}$$

$$NTK_{\text{assimilé}} = 156.17 \text{ kg/j}$$

$$NTK_{\text{rejeté}} = 30 \times 10^{-3} \times 11008.96 = 330.27 \text{ kg/j}$$

$$N_{\text{à nitrifier}} = 679.24 - 156.17 - 330.27 = 192.8 \text{ kg/j}$$

$$\text{Volume} = \frac{192.8 \times 1000}{2.7 \times 2.5 \times 24}$$

$$\text{Volume} = 1190.12 \text{ m}^3$$

IV.3.2.2. Hauteur de bassin

H est compris entre 3 et 8 m, on prend H = 4 m

$$H = 4 \text{ m}$$

IV.3.2.3. La surface horizontale de bassin

$$\text{Surface} = \frac{\text{volume}}{\text{hauteur}} \dots \dots \dots \text{(IV.27)}$$

$$\text{Surface} = \frac{1190.12}{4}$$

$$\text{Surface} = 297.53 \text{ m}^2$$

IV.3.2.4. Longueur et Largeur du bassin :

La largeur du bassin d'anoxie = La largeur du Bassin biologique=20.06m

$$l = 20.06 \text{ m}$$

Alors $L = 14.83 \text{ m}$

Tableau 14:Résultat de dimensionnement du bassin d'anoxie

Paramètre	unité	Valeur
La surface	m^2	297.53
Volume (V)	m^3	1190.12
Hauteur (H)	m	4
La longueur	m	14.83
Largeur	m	20.06

IV.3.3. Les besoins en exogène

IV.3.3.1. Calcul des besoins en oxygène

Sont déterminés selon la relation suivant :

$$q(O_2) = a' \times L_e + b' \times X_t + 4.3N_N - 2.85 \times c' N_{DN} \dots \dots \dots (IV.28)$$

Tel que :

$q(O_2)$: Besoin en oxygène en (kgO₂/j)

a' : La quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de 1 Kg de DBO₅

L_e : la charge (DBO₅) éliminée (kg/j) par le bassin d'aération en (kg DBO₅/ j)

b' : La quantité d'oxygène nécessaire à la respiration endogène de 1Kg de MVS de boues par jour

X_t : la masse totale des boues dans le bassin d'aération (kg)

4,3 : Taux de conversion de l'azote réduit en azote nitrique

NN : Flux d'azote à nitrifier (kg/J)

2,85 : Taux de conversion de l'azote

c' : Fraction de O₂ des NO₃⁻ récupérée par dénitrification (entre 60-70%)

NDN : Flux d'azote à dénitrifier

Les coefficient a' et b' variées en fonction de la charge massique, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 15: Valeurs de a' et b' en fonctionne du charge massique

Charge massique	a'	b'
0.09	0.66	0.06
0.1	0.65	0.07
0.15	0.63	0.075
0.2	0.59	0.080
0.3	0.56	0.085
0.4	0.53	0.09
0.5	0.50	0.7 à 1.2

D'après le tableau on a $a' = 0.56$ et $b' = 0.085$

IV.3.3.2. Quantité d'oxygène horaire

$$q(O_2)_h = \frac{q(O_2)}{24} \dots\dots\dots (IV.29)$$

IV.3.3.3. Quantité d'oxygène pour 1 m3 de bassin

$$q(O_2/m^3) = \frac{q(O_2)}{Volume} \dots\dots\dots (IV.30)$$

Quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe

$$q(O_2)_{point} = \frac{a' \times L_e}{16} + \frac{b' \times X_a}{24} \dots\dots\dots (IV.31)$$

IV.3.3.4. Besoin réel en oxygène

$$q(O_2)_{reel} = \frac{q(O_2)_{point}}{\alpha \times \beta} \dots\dots\dots (IV.32)$$

α : coefficient fonction de la nature physico-chimique des eaux et du mode d'aération

β : coefficient qui dépend de la salinité des eaux mais aussi, dans une plus large mesure, des différentes impuretés contenues dans ces eaux

Dans notre cas on prend $\alpha = \beta = 0,8$

$$q(O_2)_{reel} = \frac{129.65}{0.8 \times 0.8}$$

Tableau 16: Les besoins en oxygène

Paramètres	Unité	Horizon 2055
$q(O_2)$	(kg O ₂ /J)	2302.63
$q(O_2)_h$	(kgO ₂ /h)	95.94
$q(O_2/m^3)$	(KgO ₂ /m ³ j)	0.71
$q(O_2)_{pts}$	(kgO ₂ /h)	129.65
$q(O_2)_{réel}$	(kgO ₂ /h)	202,57

IV.3.4. Calcul des caractéristiques de l'aérateur

IV.3.4.1. Calcul de la puissance de brassage

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante :

$$E_b = S_h \times P_a \dots\dots\dots (IV.33)$$

S_h : la surface horizontale du bassin d'aération

P_a : puissance spécifique absorbée $P_a = 80 \text{ W/m}^2$

$$E_b = 805.03 \times 80$$

$$E_b = 64.42 \text{ KW}$$

IV.3.4.2. Calcul de la puissance de l'aérateur

$$E_n = \frac{q(O_2)_{reel}}{E_a} \dots \dots \dots (IV.34)$$

E_a : quantité d'O₂ par unité de puissance tel que $1.5 \leq E_a \leq 1.9 \text{ kg(O}_2\text{)/Kwh}$

on prend une valeur $E_a = 1.6$

$$E_n = \frac{202,57}{1.6}$$

$$E_n = 126.60 \text{ KW}$$

IV.3.4.3. Nombre d'aérateur

$$N_a = \frac{E_n}{E_b} \dots \dots \dots (IV.35)$$

$$N_a = \frac{126.60}{64.42}$$

$$N_a = 1.96 \approx 2$$

On adopte 2 aérateurs de surface + 1 aérateur de secours

Tableau 17: Les puissances nécessaires

Paramètre	Unité	Horizon 2055
E_b	(kW)	64.42
E_n	(kW)	126.60
N_a	--	3

IV.3.5. Bilan des boues

IV.3.5.1. Calcul de la quantité des boues en excès

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'Eckenfelder

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + (a_m \times L_e) - b \times X_a - X_{eff} \dots \dots \dots (IV.36)$$

Tel que :

X_{min} : Boues minérales (30% de MES) en (kg/j)

X_{dur} : Boues difficilement biodégradable (30 à 35% de MVS) en (kg/j)

a_m : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par (élimination de DBO5), $a_m = 0,53$

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

b : Fraction de la masse cellulaire éliminer par jour en respiration endogène

$$b = \frac{b'}{1.44} \dots \dots \dots (IV.37)$$

b' : Coefficient cinétique de respiration endogène ; on a $b'=0.08$. Donc $b=0.05$

X_a : Masse totale journalière de MVS dans le bassin (kg).

X_{eff} : boues sortantes avec l'effluent de DBO5 = 30 mg/1.

Tableau 18:calcul de la quantité de boues

Paramètres	X_{min}	X_{dur}	$b \times X_a$	$(a_m \times L_e)$	X_{eff}	$\Delta X \text{kg/j}$
formule	$0.3 \times \text{MESs}$	$0.3 \times \text{MVS}$	$0.05 \times (X_t)$	$0.55 \times L_e$	$30 \times 10^{-3} \times Q_j$	
Valeur	715.638	461.94	402.51	1589.445	330.268	2034.245

IV.3.5.2. La concentration des boues en excès

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots \dots \dots (IV.38)$$

Tel que :

X_a : Concentration de boues en excès

I_m : L'indice de Mohlman correspond au volume qu'occupe un gramme de matière sèche de boues après une décantation de 30 minutes dans une éprouvette graduée d'un litre

Si $I_m > 150$ risque d'une mauvaise décantation et les boues recyclées seront claires

Si $80 < I_m < 150$ les boues sont biens décantables.

Si $I_m < 80$ boues sont très minérales et peu actives

On prend $I_m = 150$ mg/l

$$X_m = \frac{1200}{150}$$

$$X_m = 8 \text{ kg/m}^3$$

IV.3.5.3. Débit de boue en excès

$$Q_{\text{excès}} = \frac{\Delta X}{X_m} \dots \dots \dots \text{(IV.39)}$$

$$Q_{\text{excès}} = \frac{2034.245}{8}$$

$$Q_{\text{excès}} = 254.28 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.3.5.4. Débit spécifique par m³ de bassin

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{\text{volume}} \dots \dots \dots \text{(IV.40)}$$

$$q_{sp} = \frac{2034.245}{3220.117}$$

$$q_{sp} = 0.63 \text{ kg/m}^3/\text{j}$$

IV.3.5.5. Le taux de recyclage

$$R = \frac{[X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]} \times 100 \dots \dots \dots \text{(IV.41)}$$

$$R = \frac{2.5}{8 - 3}$$

$$R = 50\%$$

IV.3.5.6. Débit de boues recyclées

$$Q_r = R \times Q_j \dots \dots \dots \text{(IV.42)}$$

$$Q_r = 0.5 \times 11008.95$$

$$Q_r = 5500.475 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.3.5.7. Age de boues

Est donne par la relation suivant :

$$AGE_{boues} = \frac{X_a}{\Delta X} \dots \dots \dots (IV.43)$$

$$AGE_{boues} = \frac{8050.29}{2034.245}$$

$$AGE_{boues} = 3.95j \approx 4j$$

Tableau 19: Résultats du bilan des boues

Paramètre	Unité	Horizon 2055
ΔX	kg/ j	2034.245
X_m	kg/ m^3	8
$Q_{excès}$	m^3 /j	254.28
q_{sp}	Kg/ m^3 /j	0.63
R	%	50
Q_r	m^3 /j	5500.475
AGE_{boues}	j	4

IV.3.6. Dimensionnement de clarificateur (décanteur secondaire)

Nous avons choisi un décanteur circulaire, équipé d'un racleur en surface et au fond, celui-ci pousse les boues vers un puisard, d'où elles sont reprises pour être recyclées. L'excédent de boues est ensuite extrait.

On va dimensionner un décanteur secondaire avec les caractéristiques suivantes :

Tableau 20: données de base pour dimensionnement de clarificateur

Forme	Q_{point} (m^3 /h)	V_{asc} (m/h)	T_s (h)	H (m)
Circulaire	2365.2	(0.1~1.25)	(1.5~2)	(3~5)

Tel que :

V_{asc} : vitesse ascensionnelle

T_s : temps de séjour

H : la hauteur d'eau

IV.3.6.1. Calcul de volume de décanteur secondaire:

$$Volume_{décanteur2} = Q_{point} \times T_s \dots \dots \dots (IV.44)$$

$$Volume_{décanteur} = 2365.2 \times 1.5$$

$$Volume_{décanteur} = 3547.8m^3$$

IV.3.6.2. Calcul de surface de décanteur :

$$S_h = \frac{Q_{point}}{V_{asc}} \dots \dots \dots (IV.45)$$

$$S_h = \frac{2365.2}{1.25}$$

$$S_h = 1889.76m^2$$

IV.3.6.3. Calcul de diamètre :

$$Diamètre = \sqrt{\frac{4 \times S_h}{\pi}} \dots \dots \dots (IV.46)$$

$$Diamètre = \sqrt{\frac{4 \times 1889.76}{\pi}}$$

$$Diamètre = 49m$$

IV.3.7. Les charges et les concentrations à la sortie de Traitement secondaire

Sachant que le traitement biologique permet l'élimination de 89.74 % de la DBO5 et 90 % de la MES et 80% DCO

Les résultats sont répartis en deux tableaux :

➤ Pour les charges :

Tableau 21: Les charges à la sortie de Traitement secondaire

Paramètre	unité	Valeur
La charge de DBO5 à l'entrée dans le bassin (DBO ₅)	Kg/j	3220.117
La charge de DBO5 éliminée dans le bassin (DBO _{5e})	Kg/j	2889.73

La charge DBO ₅ à la sortie du bassin (DBO _{5s})	Kg/j	330.38
La charge de DCO à l'entrée dans le bassin (DCO)	Kg/j	6118.222
La charge de DCO éliminée dans le bassin (DCO _e)	Kg/j	4894.577
La charge DCO à la sortie du bassin (DCO _s)	Kg/j	1223.64
La charge de MES à l'entrée dans le bassin (MES)	Kg/j	2385.46
La charge de MES éliminée dans le bassin (MES _e)	Kg/j	2146.914
La charge MES à la sortie du bassin (MES _s)	Kg/j	238.546

➤ Pour Les concentrations :

Tableau 22:Les concentrations à la sortie de Traitement secondaire

Paramètre	MES	DBO5	DCO
Les normes de réutilisation (mg/l)	30	30	120
Les concentrations à la sortie (mg/l)	21.66	30.01	111.55

REMARQUE :

Ces valeurs respectent globalement les exigences pour une réutilisation agricole, notamment pour les cultures à faible risque sanitaire. Cependant, pour assurer une qualité microbiologique optimale, il est nécessaire de mettre en place un traitement tertiaire complémentaire. Ce dernier garantit la sécurité sanitaire, en particulier vis-à-vis des agents pathogènes, et permet de respecter les normes les plus exigeantes.

IV.4.Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire constitue une étape de finition visant à réduire davantage les teneurs en matières en suspension, en phosphore ou en microorganismes. Il a pour objectif d'améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de son rejet dans le milieu naturel ou de sa réutilisation.

Dans ce cadre, l'utilisation d'un filtre à sable et d'une désinfection UV peut être préconisée.

IV.4.1. Le filtre à sable

Ce type de traitement apporte une élimination quasi-totale de MES, ce qui assure un bon fonctionnement pour l'étape de désinfection.

Un filtre à sable gravitaire est retenu, avec les critères de conception suivants [18]

Tableau 23:Caractéristiques techniques d'un filtre à sable en traitement tertiaire

Paramètre	unité	Valeur
Épaisseur de la couche filtrante	m	0,7 à 1,5
Taille effective des matériaux filtrants	mm	0,4 à 1,2
Hauteur d'eau pour la percolation	m	0,8 à 2 m
Vitesse de filtration courante	m/h	2 à 10
Hauteur totale du filtre	m	3 à 4 m

On choisit :

Epaisseur de filtre = 1.0 m

Hauteur d'eau = 1 m

Vitesse de filtration =8 m/h

Hauteur de filtre = 3 m

IV.4.1.1. La surface horizontale

La surface est donnée par la relation suivant :

$$\text{Surface} = \frac{Q_{\text{moy}} - Q_{\text{boues exes}}}{\text{Vitesse de filtration}} \dots\dots\dots(\text{IV.47})$$

$$\text{Surface} = \frac{11008.95 - 254.28}{8 \times 24}$$

$$\text{Surface} = 56\text{m}^2$$

IV.4.1.2. Le volume de bassin

$$\text{Volume} = \text{surface} \times \text{Hauteur de filter} \dots\dots\dots(\text{IV.48})$$

$$Volume = 56 \times 3$$

$$Volume = 168m^3$$

IV.4.1.3. Temps de séjour

$$T_s = \frac{Q_{moyj} - Q_{boues\ exes}}{Volume} \dots\dots\dots(IV.49)$$

$$T_s = \frac{11008.95 - 254.28}{168 \times 24}$$

$$T_s = 2.66h$$

IV.4.1.4. Les pertes de charge

Pour calculer les pertes de charges on utilisera la formule d'Ergun :

$$\Delta P = \left(\frac{150 \times (1-\varepsilon)^2 \times V \times \mu}{\varepsilon^2 \times d_p^2} + \frac{1.75 \times (1-\varepsilon) \times V^2 \times \rho}{\varepsilon^2 \times d_p} \right) \times H \dots\dots\dots(IV.50)$$

Tel que :

ΔP : Perte de charge (m)

H : Hauteur du lit (m)

V : Vitesse de filtration (m/s)

d_p : Diamètre moyen des particules (m)

ρ : Masse volumique du fluide (kg/m³)

μ : Viscosité dynamique d'eau à 20°C (Pa.s)

ε : Porosité initiale du lit

On prend:

$$H = 3 \text{ m}$$

$$V = 0.0022 \text{ m/s}$$

$$d_p = 0.001 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0.001 \text{ Pa.s}$$

$$\varepsilon = 0.4$$

Tableau 24: Les résultats de dimensionnement de Filtre à sable rapide

Paramètre	unité	Valeur
surface	m^2	56
Volume	m^3	168
Largeur	m	5
Longueur	m	11.2
Temps de séjours	h	2.66
Perte de charge	m	0.59

IV.4.1.5. La désinfection par ultra-violet

La désinfection par ultraviolet repose sur la capacité des rayons UV à tuer les bactéries. Les rayons UV couvrent une gamme d'ondes électromagnétiques allant de 10 à 400 nanomètres, et leur effet germicide est le plus fort à une longueur d'onde de 254 nm. L'efficacité du traitement dépend surtout de la dose de rayonnement reçue par les micro-organismes. Cette dose est fournie par les lampes UV immergées, de faible pression, ayant une puissance de 100 à 120 watts [19].

IV.4.1.6. Calcul de la dose de UV

On a

$$Dose = I \times T_s \dots \dots \dots (IV.51)$$

I : intensité moyenne de rayonnement

T_s : Temps de séjour (temps de contact)

L'intensité à mettre en œuvre pour assurer la désinfection des résiduaires sont de l'ordre de 100 mw/cm^2 pour un temps de contact de 10 à 20 seconds [19].

Pour assurer une désinfection satisfaisante en permanence, l'appareil doit fournir une dose minimal de 16 mw.s/cm^2

IV.4.1.7. Calcul le volume de bassin

Le volume est donné par la relation suivant :

$$Volume_{bassinUV} = Q_{traiter} \times T_s \dots \dots \dots (IV.52)$$

Tel que :

$Q_{traiter}$: débit à traiter

T_s : temps de séjour, soit égal à 15 seconds

$$Q_{traiter} = Q_{moy} - Q_{boues\ exes} \dots \dots \dots (IV.53)$$

Tableau 25: Les résultats de Calcul de désinfection par ultra-violet

Paramètre	unité	Valeur
Dose de UV	$mw.s/cm^2$	16
Volume	m^3	9.9
Largeur	m	1.5
Longueur	m	3.3
Hauteur	m	2

IV.5. Dimensionnement des ouvrages de Traitement des boues

Le traitement des boues a pour but de diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible.

IV.5.1. Épaississeur à gravité circulaire

L'épaississeur à gravité circulaire utilise le principe de décantation : les particules solides présentes dans les boues tombent naturellement au fond du bassin sous l'effet de la gravité, Tandis que l'eau claire en surface est évacuée

L'épaississeur sera dimensionné on fonction des charges polluantes éliminées dans le décanteur primaire et secondaire

IV.5.1.1. Débit journalier de boues entrant dans l'épaississeur

Nous prenons 5 j de traitement de boues par semaine

$$\text{Quantité à extraire} = \Delta X \times \frac{7}{5} \dots \dots \dots (IV.54)$$

$$\text{Quantité à extraire} = 2034.245 \times \frac{7}{5}$$

Quantité à extraire = 2847.943Kg MES/j

Avec 6 h de traitement/jour d'extraction

$$\text{Quantité à extraire} = \frac{2847.943}{6} = 474.657 \text{ Kg MES/h}$$

On a : [MES]R = [MES]E = f (IM)

[MES]R : concentration de boues recyclées

Tableau 26:Indice de MOHLMAN en fonction du MES

I_m	150	180	200	250	300
$[MES]_E (Kg/m^3)$	9	7,5	6,5	5,5	4,5

$I_m = 150$ donc $[MES]_E = 9 (Kg/m^3)$

Le débit horaire d'extraction des boues :

$$Q_{ext.h} = \frac{474.657}{9} = 52.74 m^3/h$$

Le débit journalier d'extraction des boues :

$$Q_{ext.j} = \frac{2847.943}{9} = 316.438 m^3/j$$

Alors il faut bien distinguer l'épaississeur du stockeur

Quantité à extraire par jour = 2847.943 Kg MES/j

Volume à extraire par jour : 316 m3 /j

Charge spécifique admissible = 25 à 35 kg MES/m2 /j

IV.5.1.2. Le volume de l'épaississeur

$$Volume = V_{cylindre} + V_{cone} \dots \dots \dots (IV.55)$$

IV.5.1.3. Volume cylindrique

$$V_{cylindre} = Q_{ext.j} \times T_s \dots \dots \dots (IV.56)$$

T_s : Temps de séjour

IV.5.1.4. Volume conique

$$V_{cone} = \frac{H}{3} \times \frac{\pi \times D^2}{4} \dots \dots \dots (IV.57)$$

Avec

$$H_{cone} = 0.15 \times D$$

IV.5.1.5. La surface

$$Surface = \frac{volume}{H}$$

On prend H=4m

IV.5.1.6. Calcul de rayon

$$R = \sqrt{\frac{Surface}{\pi}} \dots\dots\dots (IV.58)$$

Tableau 27: Les résultats de dimensionnement d'épaississeur

Paramètre	unité	Valeur
Débit journalier de boues extraire	m^3 / j	316.438
Quantité à extraire par jour	Kg MES/h	2847.943
Volume	m^3	475
Hauteur de cylindre	m	4
Hauteur du cône	m	1.35
Surface horizontale	m^2	118.75
Diamètre	m	6.14
Temps de séjours	j	1.5

IV.5.2. Stabilisation anaérobie

On appelle cette étape la digestion, c'est le moment où la matière organique est éliminée, soit par digestion aérobie, anaérobie, ou par stabilisation chimique

IV.5.2.1. Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage

On a

$$Q_{stabilisateur} = Q_{SORTIE, \text{épaississeur}}$$

IV.5.2.2. Le volume de Stabilisation anaérobie

$$Volume = Q_{stabilisateur} \times T_s \dots \dots \dots (IV.59)$$

T_s : temps de séjour

IV.5.2.3. Surface de Stabilisation aérobie

Donne par :

$$Surface = \frac{volume}{H}$$

On prend H=4m

IV.5.2.4. Calcul de rayon

$$R = \sqrt{\frac{Surface}{\pi}}$$

Tableau 28:Les résultats de Calcul de stabilisation anaérobie

Paramètre	unité	Valeur
Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage	m^3 / j	63.29
Volume	m^3	1265.8
Hauteur	m	4
Surface	m^2	316.45
Diamètre	m	10.03
Temps de séjours	j	20

IV.5.3. Le dimensionnement filtre à bande

- La quantité de boues extraites de l'épaississeur vers la déshydratation : 316.438m³/j
- Siccité après déshydratation (SF) : 15% à 18%
- Quantité de boue à traiter par jour : 2847.943kg/j

IV.5.3.1. Calcul de la quantité de boue à traiter par heure

Durée de fonctionnement retenue : T= 8 h/j

$$\text{Alors } Quantite_{traiter} = \frac{2847.943}{8} = 356 \text{ kg/h}$$

IV.5.3.2. La quantité de boues extraites de déshydratation

$$Q_{boues} = \frac{\Delta X}{SF} \dots \dots \dots (IV.66)$$

On prendre SF = 18%

$$Q_{boues} = \frac{2847.943 \times 10^{-3}}{0.18}$$

$$Q_{boues} = 15.82 \text{ m}^3/j$$

IV.5.3.3. Largeur de la bande

La capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m

$$LARGEUR = \frac{Quantite_{traiter}}{150} \dots \dots \dots (IV.67)$$

$$LARGEUR = \frac{356}{150} = 2.37 \approx 2.5m$$

IV.5.3.4. Matière sèches

La consommation de floculant est estimée à 5 kg par tonne de matière sèche (MS)

$$MS = \left(\frac{\Delta X}{1000} \right) \times 5 \dots \dots \dots (IV.68)$$

$$MS = \left(\frac{2847.943}{1000} \right) \times 5 = 14.24Kg$$

Tableau 29: Les Caractéristiques de filtre a bande presseuse

Paramètre	unité	Valeur
Quantité de boue à traiter par jour	Kg/j	2847.943
Durée de fonctionnement retenue (T)	H	8

la quantité de boue à traiter par heure	Kg/h	356
La quantité de boues extraites de déshydratation	m^3/j	15.82
Largeur de la bande	m	2.5
Matière sèches	Kg	14.24

IV.5.4. Aire de stockage

Nous allons dimensionner un silo de stockage permettant de conserver les boues pendant une durée de 60 jours (deux mois).

IV.5.4.1. Le volume

Est donné par la relation suivant

$$Volume_{A,S} = \frac{Production\ des\ boues}{S_{moy}} \times T_s \dots \dots \dots (IV.69)$$

Avec :

$$S_{moy} = 110\ kg/m^3$$

$$T_s = 60j$$

IV.5.4.2. La surface

$$Surface = \frac{volume}{H}$$

On prend $H=4m$

IV.5.4.3. Calcul de rayon

$$R = \sqrt{\frac{Surface}{\pi}}$$

Tableau 30: Les résultats de dimensionnement de Aire de stockage

Paramètre	unité	Valeur
Volume	m^3	1708.76
Hauteur	m	4
Surface	m^2	427.19

Paramètre	unité	Valeur
Diamètre	<i>m</i>	11.66
Temps de séjours	<i>j</i>	60

IV.6. Réutilisation des eaux traitées

La station d'épuration projetée à Ras El Oued est conçue non seulement pour respecter les normes algériennes de rejet, mais également pour permettre la réutilisation des eaux traitées à des fins agricoles, notamment l'irrigation. Il s'agit d'une approche stratégique en réponse à la raréfaction des ressources hydriques et aux besoins croissants en eau du secteur agricole. En plus de la réutilisation indirecte, une partie des eaux traitées pourra être rejetée dans l'oued de Boudjera, situé à proximité. Ce rejet maîtrisé contribuera à la recharge des nappes phréatiques, renforçant ainsi le cycle hydrologique naturel et soutenant les équilibres écologiques du bassin versant.

IV.6.1. Nécessité de la réutilisation

La région de Ras El Oued, de climat semi-aride, est soumise à un déficit hydrique important. La réutilisation des eaux usées traitées permet de :

- Réduire la pression sur les nappes phréatiques et les ressources naturelles
- Assurer une disponibilité continue en eau pour l'irrigation
- Minimiser les impacts environnementaux liés aux rejets dans le milieu naturel

IV.6.2. Traitement tertiaire

Afin de rendre les eaux traitées compatibles avec les usages agricoles, un traitement tertiaire est mis en place, comprenant :

- ✓ Une filtration sur sable, pour éliminer les particules résiduelles
- ✓ Une désinfection par rayonnement ultraviolet (UV), pour neutraliser les agents pathogènes

Ces procédés permettent d'atteindre une qualité conforme aux recommandations de la FAO, de l'OMS et aux normes algériennes.

Seuils de qualité typiques pour l'eau d'irrigation :

- MES < 30 mg/L

- DBO5 < 30 mg/L
- Conductivité < 3 dS/m (selon la tolérance des cultures)

IV.6.3. Choix de cultures adaptées

L'eau traitée peut être utilisée pour irriguer les cultures ne consommées ni crues ni directement par l'homme, notamment :

-  Céréales : blé, orge, maïs
-  Cultures industrielles : coton, tournesol
-  Fourrages : luzerne, avoine
-  Arbres fruitiers : olivier, grenadier
-  Plantes ornementales et espaces verts

REMARQUE :

Les cultures à consommation crue (tomate, laitue, fraise...) nécessitent un traitement tertiaire renforcé ou un système d'irrigation sans contact direct avec la partie comestible (ex. : goutte-à-goutte enterré).

IV.6.4. Avantages environnementaux et agricoles

La réutilisation des eaux usées traitées apporte de nombreux bénéfices :

- Réduction de la consommation des ressources conventionnelles ;
- Apport en nutriments (azote, phosphore) bénéfiques pour les cultures ;
- Atténuation de la vulnérabilité du secteur agricole face au changement climatique ;
- Renforcement de la gestion durable de l'eau.

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement détaillé des différents ouvrages de la station d'épuration des eaux usées de la commune de Ras El Oued, en tenant compte des besoins projetés à l'horizon 2055. Les résultats obtenus montrent que la superficie allouée au projet (7 hectares) est suffisante pour accueillir les installations prévues ainsi que d'éventuelles extensions futures.

Chaque ouvrage a été conçu de manière à garantir un traitement performant des eaux usées, tout en respectant les normes algériennes de rejet dans le milieu naturel. De plus, la qualité de l'effluent final permet d'envisager des perspectives concrètes de réutilisation.

En effet, les eaux traitées peuvent être réutilisées directement pour l'irrigation agricole, ou indirectement via un rejet maîtrisé dans l'oued de Boudjera, contribuant ainsi à la recharge des nappes phréatiques. Ces possibilités offrent une valeur ajoutée environnementale et stratégique au projet, en réponse aux enjeux de gestion durable de l'eau dans la région.

CHAPITRE V

Calcul hydraulique

Introduction:

Ce chapitre a pour principal objectif le dimensionnement du déversoir d'orage afin d'assurer sa capacité à évacuer efficacement le débit prévu à l'horizon 2055. Il a également pour but de fournir l'ensemble des éléments nécessaires à l'élaboration du profil hydraulique, notamment en déterminant les cotes piézométriques et les altitudes naturelles correspondantes, essentielles pour une conception hydraulique fiable et conforme aux exigences du projet.

V.1. Déversoir d'orage

Est un dispositif hydraulique conçu pour déverser automatiquement le surplus des eaux pluviales du réseau d'assainissement vers le milieu récepteur.

Il existe différents types de déversoirs d'orage, parmi lesquels on peut citer :

- Déversoir à seuil frontal
- Déversoirs à seuil latéral
- Déversoirs avec ouverture du radier
- Déversoir à double seuil latéral

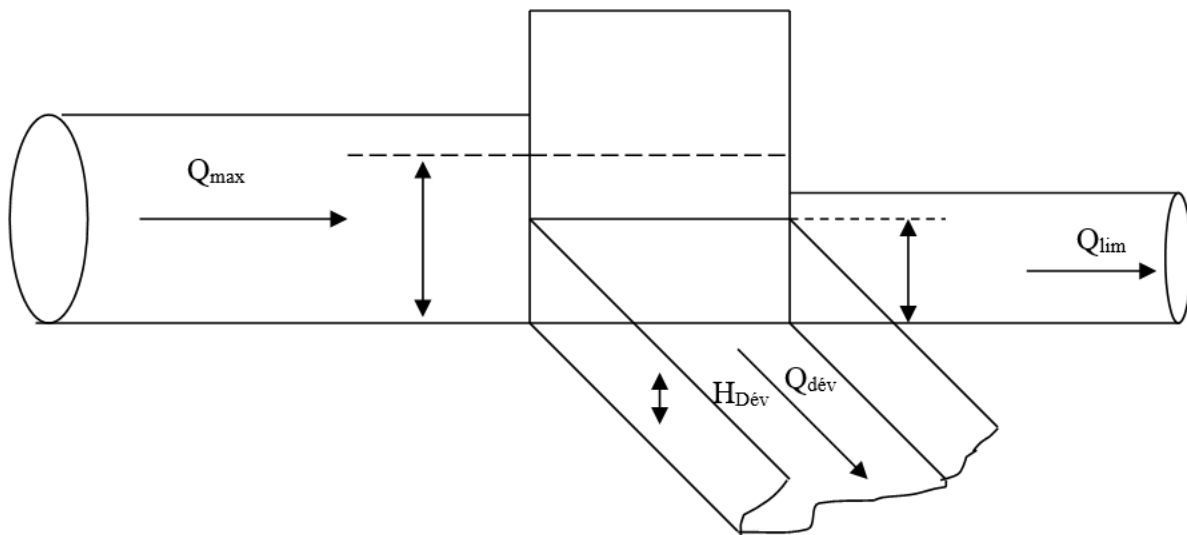


Figure 1:Schéma d'un déversoir d'orage à seuil latéral

Dans notre cas, on a choisi le déversoir à seuil latéral

V.1.1. Données de base

Nous visons à dimensionner le déversoir d'orage de façon à ce qu'il puisse assurer, à l'horizon 2055, le passage du débit requis pour le fonctionnement des équipements de la station, tout en permettant l'évacuation de l'excédent d'eau vers l'oued Boudjera.

- Débit de point en temps sec $Q_{\text{point,sec}} = 0.219 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit de pointe en temps de pluie $Q_{\text{station}} = Q_{\text{point,pluie}} = 0.657 \text{ m}^3/\text{s}$

V.1.2. Calcul de débit déversée vers l'oued de BOUDJERA

Le débit acheminé par le collecteur principal jusqu'à l'entrée du déversoir d'orage est estimé à environ :

$$Q_{\text{entre}} = Q_{\text{pluvial}} + Q_{\text{point,sec}} \dots\dots\dots(\text{V.1})$$

Tel que :

Q_{entre} : Débit entrant au déversoir d'orage (m^3/s)

$Q_{\text{point,sec}}$: Débit de point en temps sec (m^3/s)

Q_{pluvial} : Débit pluvial (m^3/s) $Q_{\text{pluvial}} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ (la source : DHW de BBA)

Donc : $Q_{\text{entre}} = 1.9 + 0.219 = 2.119 \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit allant vers l'exutoire sera :

$$Q_{\text{deverse}} = Q_{\text{entre}} - Q_{\text{station}} \dots\dots\dots(\text{V.2})$$

$$Q_{\text{deverse}} = 2.119 - 0.657$$

$$Q_{\text{deverse}} = 1.462 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.1.3. Calcul de diamètre du collecteur principal:

V.1.3.1. À l'amont du déversoir

On a: $Q_{\text{entre}} = 2.119 \text{ m}^3/\text{s}$ et $i = 3\%$ à partir de l'annexe 1 et 2 on obtient :

Diamètre à l'entrée du déversoir : $D_e = 1000\text{mm}$

Débit a pleine section : $Q_{\text{PS}} = 2,93 \text{ m}^3/\text{s}$

Vitesse a pleine section $V_{\text{PS}} = 3.73 \text{ m/s}$

Avec les paramètres hydrauliques suivant :

$$rQ = \frac{Q_{\text{entre}}}{Q_{\text{PS}}} = 0.72$$

$$rH = \frac{H_e}{D_e} = 0.65 \text{ alors la hauteur de remplissage } H_e = 650\text{mm}$$

$$rV = \frac{V}{V_{PS}} = 1,094 \text{ Alor } V = 4.08 \text{ m/s}$$

V.1.3.2. À l'aval du déversoir (vers la station)

On a: $Q_{\text{sortie}} = Q_{\text{station}} = 0.657 \text{ m}^3/\text{s}$ et $i = 3\%$ à partir de l'annexe 1 et 2 on obtient :

Diamètre a la sortie du déversoir $D_s = 600\text{mm}$

Débit a pleine section : $Q_{PS} = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Vitesse a pleine section $V_{PS} = 2.47 \text{ m/s}$

Avec les paramètres hydrauliques suivant :

$$rQ = \frac{Q_{\text{entre}}}{Q_{PS}} = 0.94$$

$$rH = \frac{H_s}{D_e} = 0.775 \text{ alors la hauteur de remplissage } H_s = 465\text{mm}$$

$$rV = \frac{V}{V_{PS}} = 1.139 \text{ Alor } V = 2.81 \text{ m/s}$$

V.1.3.3. À l'aval du déversoir (vers l'oued)

$Q_{\text{deverse}} = 1.462 \text{ m}^3/\text{s}$ avec $i = 1,2\%$ à partir de l'annexe 1 et 2 on obtient :

Diamètre $D = 1000\text{mm}$

Débit a pleine section : $Q_{PS} = 1,82 \text{ m}^3/\text{s}$

Vitesse a pleine section $V_{PS} = 2.31 \text{ m/s}$

Avec les paramètres hydrauliques suivant :

$$rQ = \frac{Q_{\text{entre}}}{Q_{PS}} = 0.8$$

$$rH = \frac{H_d}{D_e} = 0.7 \text{ alors la hauteur de remplissage } H_d = 700\text{mm}$$

$$rV = \frac{V}{V_{PS}} = 1.12 \text{ Alor } V = 2.58 \text{ m/s}$$

V.1.4. Le dimensionnement de déversoir**V.1.4.1. Détermination de la hauteur déversée**

La lame d'eau déversée est donnée par :

$$H_{\text{déversée}} = \frac{(H_{\text{entre}} - H_{\text{sortie}})}{2} \dots\dots\dots (V.3)$$

$$H_{\text{déversée}} = \frac{(650 - 465)}{2}$$

$$H_{\text{déversée}} = 92.5\text{mm}$$

V.1.4.2. Détermination de la longueur du seuil déversant

Est donné par la relation suivant :

$$\text{Longueur} = \frac{Q_{\text{deverse}}}{u \times H_{\text{déversée}} \times \sqrt{2 \times g \times H_{\text{déversée}}}} \dots\dots\dots (V.4)$$

Tel que :

U : coefficient de débit dépend de la forme du seuil $u = 0,6$.

$$\text{Longueur} = 19.55\text{m}$$

V.2. Profil hydraulique

Le profil hydraulique permet d'identifier les différents niveaux d'eau le long de la filière de traitement, afin de définir avec précision la position de la ligne de charge hydraulique.

V.2.1. Détermination des cotes piézométriques

À l'aide de l'équation de Bernoulli on a :

$$\frac{v_1^2}{2 \times g} + Z_1 + \frac{P_1}{W} = H_{1-2} + \frac{v_2^2}{2 \times g} + Z_2 + \frac{P_2}{W} \dots\dots\dots (V.7)$$

Tel que :

$$\frac{v_1^2}{2 \times g}, \frac{v_2^2}{2 \times g} : \text{énergie cinétique}$$

$$\frac{P_1}{W}, \frac{P_2}{W} : \text{énergie de pression}$$

Z₁ et Z₂ : cotes

H₁₋₂ : perte de charge

La variation de vitesse étant très faible, l'énergie cinétique peut être négligée, d'où :

$$Z_1 + \frac{P_1}{W} = H_{1-2} + Z_2 + \frac{P_2}{W}$$

On considère :

$$\frac{P_1}{W} = H_1 \text{ et } \frac{P_2}{W} = H_2 \text{ alors } Z_1 + H_1 = H_{1-2} + Z_2 + H_2$$

La cote piézométrique égale a $CP_1 = Z_1 + H_1$ et $CP_2 = Z_2 + H_2$

Alors : $CP_2 + H_{1-2} = CP_1$

Les valeurs calculées sont synthétisées dans le tableau ci-après:

Tableau 1: Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP

Ouvrages	Cote de terrain(m)	Cote de radie (m)	Plan d'eau (m)	côtes piézométriques (m)
Dégrilleur	1046.187	1046.187	1	1047.187
Dessableur	1045,438	1044,438	2	1046,438
Décanteur	1044.773	1043.773	2	1045.773
Bassin biologique	1043.293	1041.293	4	1045.293
Clarificateur	1042.800	1041.800	3	1044.800
filtre à sable	1041.578	1040.578	3	1043.578
Réacteur UV	1041,109	1041,109	2	1043,109

V.2.2. Calcul des dimensions (longueur et diamètre) des conduites entre les ouvrages

Nous avons opté pour le PEHD en raison de ses bonnes propriétés en termes de dureté, d'étanchéité, de résistance à la corrosion et de faible rugosité.

V.2.2.1. Les longueurs des conduites

Les longueurs équivalentes seront utilisées afin d'intégrer les pertes de charge singulières.:

$$L_{\text{équivalent}} = L_{\text{reel}} + 0.15L_{\text{reel}} \dots\dots\dots(\text{V.5})$$

V.2.2.2. Les diamètres des conduites

Le diamètre est donné par la relation suivant :

$$\text{Diametre} = \left(\frac{Q^{\beta} \times K \times L}{CP1 - CP2} \right)^{\frac{1}{m}} \dots\dots\dots(\text{V.6})$$

Avec :

Diametre : diamètre de la conduite (mm)

K: coefficient de perte de charge

L: longueur de la conduite (m)

β : coefficient dépendant du régime d'écoulement

Q: débit en m³/s

CP1 et CP2: : côtes du plan d'eau au point 1 et 2 (m)

m: coefficient dépendant du type de matériau de la conduite

m, K, β dépend du type du matériau, On va travailler avec le PEHD comme matériau donc on prend

Tableau 2: Valeurs de K, m et β

Matériaux	K	β	m
PEHD	0,001052	1,77	4,774

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des résultats obtenus:

Tableau 3:les longueurs et les diamètres des conduites reliant les ouvrages

Ouvrages	L_{reel}	$L_{\text{équivalent}}$	Diamètre(mm)	Diamètre normalisée(mm)
Dégrilleur – Dessableur	3.37	3.88	307.34	315
Dessableur –Décanteur	22	25.3	461.00	500
Décanteur –Bassin biologique	12	13.8	339.52	355
Bassin biologique – clarificateur	29.15	33.52	511.83	560
Clarificateur – filtre à sable	18.05	20.75	382.77	400
filtre à sable–Réacteur UV	4.76	5.47	364.29	400

V.3. Conclusion

Le calcul hydraulique exposé dans ce chapitre a permis de définir les altitudes du terrain naturel aux emplacements des différents ouvrages de la station, d'estimer les caractéristiques des conduites interconnectant ces ouvrages, ainsi que de déterminer les cotes piézométriques en divers points du système.

CHAPITRE VI

Organisation de chantier

Introduction:

L'organisation d'un chantier consiste à anticiper l'ensemble des ressources nécessaires, qu'elles soient humaines, matérielles ou en matériaux, tout en définissant un rythme de travail adapté afin d'optimiser leur utilisation. L'objectif principal est d'atteindre l'efficacité en termes de rapidité, de qualité et de rentabilité.

Cependant, estimer avec précision les coûts et les moyens à mobiliser demeure complexe, car ces estimations reposent sur des hypothèses qui ne seront confirmées qu'au fur et à mesure de l'avancement du projet, voire à sa fin. Cette incertitude impose à l'entreprise de réévaluer régulièrement ses prévisions tout au long de l'exécution des travaux.

VI.1. Travaux de réhabilitation et aménagement du chantier

Afin d'optimiser l'organisation du chantier, il est essentiel de disposer d'un espace suffisamment large et dégagé. Cela facilite l'organisation des zones de stockage des matériaux, des voies de circulation des engins, ainsi que l'implantation des locaux et des postes de travail fixes. Les installations indispensables sur un chantier incluent notamment les éléments suivants

VI.2. Installations pour le personnel

Sur un chantier de génie civil, les installations prévues pour le personnel comprennent généralement des bureaux, des vestiaires, des sanitaires, un réfectoire, des dortoirs ainsi qu'une infirmerie. La base vie doit impérativement être raccordée aux réseaux d'eau potable, d'assainissement, d'électricité et de télécommunications. En outre, des cheminements piétonniers doivent être aménagés pour faciliter les déplacements entre les parkings, les aires de stockage des matériaux, la centrale à béton, les zones de travail et les autres espaces essentiels durant la phase de construction.

VI.3. Installations logistiques pour le stockage des matériaux

Le plan d'installation de chantier doit impérativement inclure les zones de stockage, en précisant pour chacune d'elles le type de matériel ou de matériau entreposé, la surface allouée ainsi que les dispositifs mis en place pour protéger l'environnement (tels que géotextiles, dalles bétonnées, etc.). Il est essentiel de stocker les matériaux de construction à l'abri des conditions climatiques défavorables et des intempéries. Par exemple, le ciment peut être entreposé dans des silos métalliques, tandis que les agrégats peuvent être stockés en extérieur dans des baraquements en bois ou en métal.

Cependant, il est important d'organiser les espaces de manière à éviter tout croisement ou mélange entre les différents matériaux, afin de faciliter un dosage précis lors de la fabrication du béton.

Quant aux armatures en acier, elles sont généralement conservées dans des hangars ou des abris fermés.

VI.4. Installations prévues pour la réparation des engins

Les réparations lourdes ne sont généralement pas réalisées directement sur le chantier. Cependant, il est indispensable de disposer d'un atelier bien équipé afin de garantir l'entretien courant et les interventions urgentes sur les différents équipements.

VI.5. Moyens mis en œuvre sur le chantier

VI.5.1. Moyens humains

En matière de ressources humaines, l'entreprise doit impérativement désigner un chef de chantier ainsi que son suppléant, en précisant leurs titres, compétences, fonctions et responsabilités. Cette obligation s'étend à l'ensemble du personnel intervenant sur le chantier. Par ailleurs, la présence de personnel qualifié est essentielle lors des études préliminaires, en particulier des experts tels que les topographes, les dessinateurs, les ingénieurs en béton armé, les hydrologues, les géotechniciens, ainsi que d'autres spécialistes indispensables au bon déroulement du projet.

VI.5.2. Matériels de terrassement

L'entrepreneur est tenu de spécifier la marque, le modèle, la puissance, le rendement ainsi que le nombre d'engins mobilisés sur le chantier, en y joignant un programme d'utilisation conforme au planning des travaux.

VI.5.3. Moyens matériels

L'entrepreneur doit indiquer la marque, le modèle, la puissance, les performances ainsi que le nombre des engins prévus sur le chantier, accompagnés d'un plan d'utilisation cohérent avec le calendrier d'exécution des travaux.

VI.5.4. Matériels de terrassement

L'entrepreneur doit fournir les informations détaillées relatives à la marque, au type, à la puissance, au rendement et à la quantité des engins utilisés sur le chantier, ainsi que leur plan d'utilisation en adéquation avec le calendrier des travaux.

VI.5.4.1. Matériels de terrassement

Le matériel de terrassement regroupe l'ensemble des équipements nécessaires à la réalisation des fouilles, à l'extraction et au transport des matériaux, ainsi qu'aux opérations de bétonnage et de finition. Il comprend généralement des machines telles que les pelles hydrauliques, les camions-bennes, les bulldozers, les chargeurs, les décapeuses, les camions malaxeurs, les grues à portique, les camions-citernes, ainsi que divers engins adaptés aux exigences spécifiques du chantier.

VI.5.4.2. Matériel de bétonnage

Les bétonnières sont fréquemment utilisées pour la fabrication du béton destiné à la mise en œuvre des structures en béton armé. Le matériel de bétonnage comprend également les coffrages, les vibrateurs à béton, ainsi que les équipements de nettoyage et de réfection, permettant d'assurer la qualité du coulage et de traiter les éventuelles reprises de bétonnage.

VI.6. Devis estimatif et quantitatif (DQE)

Le devis quantitatif estimatif (DQE) détaillé joue un rôle essentiel en offrant une analyse précise des éléments constitutifs des prix et en facilitant la comparaison des différentes offres soumises. Il rassemble l'ensemble des données nécessaires à l'évaluation des propositions financières. Sa valeur contractuelle dépend des clauses particulières prévues dans le marché à bons de commande. Dans les situations nécessitant un investissement important de la part des soumissionnaires, une prime peut leur être accordée en contrepartie.

Le coût prévisionnel du projet est généralement estimé sur la base du prix au mètre cube (m³) d'eau épurée, ce dernier englobant :

VI.6.1. Le coût d'investissement :

Le coût des travaux de génie civil, incluant le terrassement et les ouvrages en béton, ainsi que celui des équipements tels que les racleurs, turbines, pompes à air, canalisations, et autres dispositifs techniques.

$$COUTE_{TOT,INV} = COUTE_{TOT,CIV} + COUTE_{VRD} + COUTE_{EQ} \dots \dots \dots (VI.1)$$

Avec :

$COUTE_{EQ}$: Le coût des équipements tels que les racleurs, turbines, pompes aérateurs, tuyauteries, et autres dispositifs techniques

$COUTE_{TOT,CIV}$: Le coût du génie civil englobe les travaux de terrassement ainsi que la réalisation des ouvrages en béton

$COUTE_{TOT,INV}$: le coût d'investissement.

$COUTE_{VRD}$: le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

VI.6.2. Le coût de fonctionnement

Le coût global inclut les dépenses d'exploitation courante, les frais de renouvellement du matériel électromécanique, ainsi que les charges financières et celles liées à la main-d'œuvre.

VI.7. Calcul du coût d'investissement

VI.7.1. Le coût de terrassement

L'épaisseur de la couche végétale est estimée à 30 cm, tandis que le coût du terrassement est évalué à 2 500 DA par mètre cube

VI.7.1.1. Le volume de la couche végétale

Le volume de la couche végétale est calculé par la formule :

$$\text{Volume} = \text{Surface}_h \times 0,3 \dots\dots\dots(\text{VI.2})$$

Volume : représente le volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

Surface_h : désigne la surface horizontale de l'ouvrage.

0,3 : correspond à l'épaisseur estimée de la couche végétale (en mètres).

VI.7.1.2. Le coût de l'ouvrage

Le coût de l'ouvrage est donné par la relation :

$$COUT_{\text{ouvrage}} = \text{Volume} \times 2500 \dots\dots\dots(\text{VI.3})$$

$COUT_{\text{ouvrage}}$: est le coût total de terrassement de l'ouvrage (en dinars).

Volume : est le volume de terrassement.

2500 : représente le prix unitaire par mètre cube.

Le coût de terrassement des différents ouvrages de la station est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 1: Le cout de terrassement

Ouvrage	Surface _h	Volume	COUTE _{ouvrage}
Déssableur-déshuileur	59.13	17.739	44347.5
Décanteur primaire	1182.6	354.78	886950
Bassin d'aération	805,03	241.509	603772.5
Bassin d'anoxie	297,53	89.259	223147.5
Décanteur secondaire	1889.76	566.928	1417320
Filtre à sable	56	16.8	42000
La désinfection par ultra-violet	4.95	1.485	3712.5
Bassin de stabilisation	316.45	94.935	237337.5
Epaississeur	118.75	35.625	89062.5
aire de stockage	427.19	128.157	320392.5
TOTAL			3868042.5 DA

VI.7.1.3. Le Coût du béton armé

Le coût unitaire du béton armé de classe (25/30) est estimé à :

$$\text{PRIX}_{\text{unitaire}} = 40\,000 \text{ DA/m}^3 \text{ (Source : CIVIL MANIA).}$$

Le **coût total du béton armé** est calculé selon la formule suivante :

$$\text{COUT}_{\text{béton}} = \text{Volume}_{\text{béton}} \times \text{PRIX}_{\text{unitaire}} \dots\dots\dots(\text{VI.4})$$

Épaisseurs types :

- Épaisseur des murs de l'ouvrage : $e_m \in [0,15 ; 0,50]\text{m}$
- Épaisseur des radiers : $e_r \in [0,30 ; 0,40]\text{m}$

Valeurs choisies (selon un bureau d'étude) :

- $e_m = 0.3\text{m}$
- $e_r = 0.3\text{m}$

VI.7.1.3.1. Calcul du volume total du béton armé

Le volume total est la somme du volume du radier et du volume des murs :

$$\text{Volume}_{\text{total,béton}} = \text{Volume}_{\text{radier}} + \text{Volume}_{\text{mur}} \dots\dots\dots(\text{VI.5})$$

Avec :

$$\text{Volume}_{\text{radier}} = \text{Surface}_h \times e_r \dots\dots\dots(\text{VI.6})$$

$$\text{Volume}_{\text{mur}} = \text{périmètre} \times \text{Hauteur} \times e_m \dots\dots\dots(\text{VI.7})$$

Le coût de béton armé des différents ouvrages de la station est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 2:Le coût du béton armé

Ouvrage	Surface _h	V _{radier}	V _{mur}	V _{total,béton}	COUTE _{ouvrage}
Déssableur-déshuileur	59.13	17.739	31.8	49.539	1981560
Décanteur primaire	1182.6	354.78	73.128	427.908	17116320
Bassin d'aération	805,03	241.509	144.432	385.941	15437640
Bassin d'anoxie	297,53	178.518	83.736	262.254	10490160
Décanteur secondaire	1889.76	566.928	138.544	705.472	1417320
Bassin de stabilisation	316.45	189.87	37.812	227.682	9107280
Epaississeur	118.75	35.625	23.14	58.765	2350600
aire de stockage	427.19	128.157	43.957	172.114	6884560
TOTAL					64785440DA

VI.7.2. Coût total du génie civil

Le coût total du génie civil COUTE_{TOT,CIV} est obtenu en additionnant :

- COUTE_{terrassement}: le coût total du terrassement
- COUT_{tot,béton}: le coût total du béton armé

Ainsi :

$$\text{COUT}_{\text{TOT,CIV}} = \text{COUT}_{\text{terrassement}} + \text{COUT}_{\text{tot,béton}} \dots\dots\dots(\text{VI.8})$$

$$\text{COUT}_{\text{TOT,CIV}} = 3868042.5 + 64785440 = 68653482.5\text{DA}$$

VI.7.3. Calcul le COUT VRD

Le coût des Voiries et Réseaux Divers est estimé à 25% de $COUT_{TOT,CIV}$

$$COUTE_{VRD} = COUT_{TOT,CIV} \times 0.25 = 68653482.5 \times 0.25 \dots\dots\dots(VI.9)$$

$$COUTE_{VRD} = 17163370.6DA$$

VI.7.4.Évaluation du coût des installations hydromécaniques, équipements électriques et électromécaniques

Il est estimé à 40% du $COUTE_{VRD}$ et $COUT_{TOT,CIV}$:

$$COUT_{\text{équipements}} = (COUTE_{VRD} + COUT_{TOT,CIV}) \times 0.4 \dots\dots\dots(VI.10)$$

$$COUT_{\text{équipements}} = (17163370.6 + 68653482.5) \times 0.4$$

$$COUT_{\text{équipements}} = 34326741.2DA$$

VI.7.5. Calcul du coût total de l'investissement de la station

$$COUTE_{TOT,INV} = 34326741.2 + 17163370.6 + 68653482.5$$

$$COUTE_{TOT,INV} = 120143594.3DA$$

VI.8. Calcul du coût de fonctionnement

On va calculer :

VI.8.1. Le coût de main d'œuvre

Ce poste représente 5 % du coût d'investissement global :

$$COUT_{M,O} = COUTE_{TOT,INV} \times 0.05 \dots\dots\dots(VI.11)$$

$$COUT_{M,O} = 120143594.3 \times 0.05$$

$$COUT_{M,O} = 6007179.715DA$$

VI.8.2. Le coût de renouvellement du matériel électromécanique

Ce poste représente 5 % du coût d'investissement global:

$$COUT_{R,EM} = COUTE_{TOT,INV} \times 0.05 \dots\dots\dots(VI.12)$$

$$COUT_{R,EM} = 120143594.3 \times 0.05$$

$$COUT_{R,EM} = 6007179.715DA$$

VI.8.3. Le coût des frais financiers

Ce poste représente 5 % du coût d'investissement global:

$$COUT_{F,F} = COUTE_{TOT,INV} \times 0.05 \dots\dots\dots(VI.13)$$

$$COUT_{F,F} = 120143594.3 \times 0.05$$

$$COUT_{F,F} = 6007179.715DA$$

VI.8.4. Le coût de fonctionnement total

$$COUT_{\text{fonction,total}} = COUT_{R,EM} + COUT_{R,EM} + COUT_{F,F} \dots\dots\dots(VI.14)$$

$$COUT_{\text{fonction,total}} = 6007179.715 \times 3$$

$$COUT_{\text{fonction,total}} = 18021539.145DA$$

VI.8.5. Prix unitaire du m³ d'eau traitée

VI.8.5.1. Le coût d'amortissement annuel

$$COUT_{A,A} = \frac{COUT_{TOT,INV}}{T_F} \dots\dots\dots(VI.15)$$

T_F : durée d'amortissement 30 ans.

$$COUT_{A,A} = \frac{120143594.3}{30}$$

$$COUT_{A,A} = 4004786.476$$

VI.8.5.2. Coût annuel de la station

$$COUT_{\text{total,station}} = COUT_{A,A} + COUT_{\text{fonction,total}} \dots\dots\dots(VI.16)$$

$$COUT_{\text{total,station}} = 4004786.476 + 18021539.145$$

$$COUT_{\text{total,station}} = 22026325.621$$

VI.8.6. Calcul du prix unitaire du m³ d'eau traitée

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2055 est :

$$volume_{e,t} = Q_{usée,tot} \times 365 \dots\dots\dots(VI.17)$$

$$volume_{e,t} = 11008.95 \times 365$$

$$volume_{e,t} = 4018266.75DA$$

Alors le coût du m³ épurée est :

$$COUT_{m^3} = \frac{COUT_{\text{total,station}}}{volume_{e,t}} \dots\dots\dots(VI.18)$$

$$COUT_{m^3} = \frac{22026325.621}{4018266.75}$$

$$COUT_{m^3} = 9.96DA$$

Tous les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Estimation le coût du projet

Désignation	Unité	Coûts
Coût d'investissement		
Coût de terrassement	DA	3868042.5
Coût total du béton armé	DA	64785440
Coût total de génie civil	DA	68653482.5
Coût des VRD	DA	17163370.6
Coût des équipements électromécaniques et électriques	DA	34326741.2
Coût total des investissements de la station	DA	120143594.3
Coût de fonctionnement		
Coût de main d'œuvre	DA	6007179.715
Coût de renouvellement du matériel électromécanique	DA	6007179.715
Coût des frais financiers	DA	6007179.715
Coût de fonctionnement total	DA	18021539.145
Coût d'amortissement	DA	4004786.476
Coût total de la station	DA	22026325.621
Coût de m ³ d'eau épurée	DA	9.96

VI.9. Conclusion

Cette section présente une synthèse des principales étapes requises pour la réalisation du projet d'extension, avec un accent particulier mis sur l'organisation du chantier afin d'en assurer une exécution optimale. L'analyse a couvert l'évaluation des coûts liés au béton armé et aux infrastructures (investissements initiaux), ainsi que les charges d'exploitation. L'ensemble de ces éléments a permis d'établir une estimation globale du budget nécessaire à la mise en œuvre du projet.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons abordé le projet de dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées pour la commune de Ras El Oued, en mettant en lumière la nécessité urgente de traiter ces effluents, dans un contexte de pollution croissante et de raréfaction des ressources en eau dans la région.

L'étude s'est appuyée sur une analyse détaillée du site d'implantation, des caractéristiques des eaux usées, ainsi que des technologies de traitement disponibles. Cette démarche a permis de démontrer qu'une station d'épuration performante représenterait un levier essentiel pour l'amélioration de la qualité de l'eau et la préservation de l'environnement local.

Les résultats obtenus ont confirmé l'efficacité des procédés modernes, en particulier le traitement par boues activées, comme solution durable pour réduire la pollution hydrique et favoriser la réutilisation des eaux traitées en agriculture. Cette approche contribuerait à atténuer la pression sur les ressources naturelles et à renforcer la durabilité des pratiques agricoles locales.

Sur la base de ces analyses, nous recommandons la mise en œuvre du projet tel que défini, en veillant à l'optimisation continue du procédé de traitement et au suivi rigoureux des performances de la station. De plus, la poursuite de recherches complémentaires est encouragée afin d'évaluer les effets à long terme du projet et d'explorer de nouvelles pistes d'amélioration.

En conclusion, ce travail souligne l'importance de l'innovation dans la gestion durable des eaux usées. Il constitue un modèle reproductible pour d'autres territoires confrontés à des enjeux similaires, et nous espérons qu'il servira de référence pour le développement de solutions respectueuses de l'environnement et adaptées aux besoins locaux.

Bibliographique

- [1] **GRONDIN, P.** Eau et développement durable : Témoignages de la société civile. Paris : GRET ,1998.112 p. Groupe de recherche et d'échange technologique. ISBN : 2-86844-090-8
- [2] **ASANO, T.** Waste water reclamation and reuse: Water quality management library. Les États-Unis : CRC Press Inc, 1998. 1528 p. ISBN: 9781566766203.
- [3] **RAMADE, F.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Paris : Ediscience, 2000. 660p. ISBN : 9782840741657.
- [4] **ROTBARD, A.** Réutilisation des eaux usées traitées : Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. France : AFD, 2011. 85 p.
- [5] **EXALL, K.** A review a water reuse and recycling with reference to Canadian practice and potential: Applications. 2004. Water Quality Research Journal, vol. 39, no 1, pp.13-28.
- [6] **ONU-Eau.** Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020 : l'eau et le changement climatique. Paris : UNESCO, 2020.
- [7] **FAO.** Eaux usées : ressource inexploitée. *Rome* : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2017.
- [8] **OCDE.** Water risk hotspots for agriculture. Paris : Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2020.
- [9] **Ministère des Ressources en Eau,** Algérie. Stratégie nationale de réutilisation des eaux usées. Alger : MRE, 2018.
- [10] **USEPA.** Guidelines for Water Reuse. Washington D.C. : United States Environmental Protection Agency, 2012.
- [11] **WHO.** Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta. Genève : Organisation mondiale de la santé (OMS), 2016.
- [12] **ONAS** (Office National de l'Assainissement), Tunisie. Rapport annuel 2020. Tunis : ONAS, 2020.
- [13] **Ministère de l'Hydraulique,** Algérie. Bilan de la réutilisation des eaux usées traitées en Algérie. Alger : MHA, 2020.
- [14] **MRE,** Documentation sur les ressources superficielles 2012. Ministère de ressources en eau, Algérie.20 p.
- [15] **GROSCLAUD, G.** L'eau : Usages et polluants. Paris : INRA, 1999. 210 p. Un point sur. ISBN 9-7827-3800-8640.
- [16] **GAID, A.** Epuration biologique des eaux usées urbaines Tome 1. Alger : OPU, 1984. 261 p.

Office des publications universitaires.

- [17] **BOUTIN, C.** Eléments de comparaison technique et économique des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. France : IRSTEA ,2010. pp 47-55.
- [18] **DEGREMONT, S.** Mémento technique de l'eau. Paris : Lavoisier, 1989. 1459 p. Techniques et documentation. ISBN2-74300-717-6.
- [19] **DEGREMONT, S.** Mémento technique de l'eau. Paris : Lavoisier, 2005. Techniques et documentation. ISBN 9782743007171.

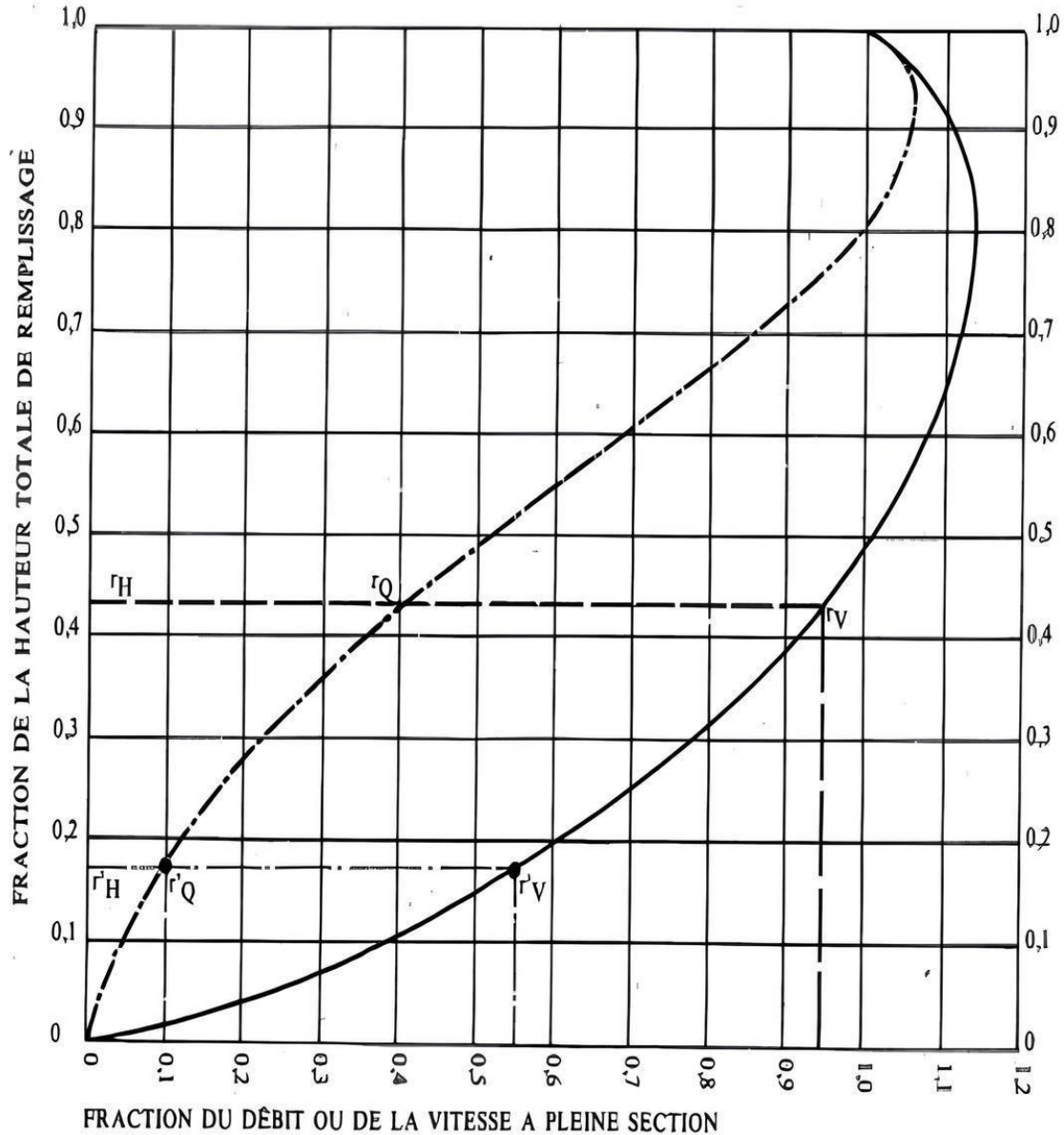
Annexe

Annexe 1 :

Variation des débits et vitesses en fonction du remplissage ouvrage circulaire
(KERLOC'H B, MAELSTAF D, 1977)

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



Annexe 2 :

Abaque pour réseau pluviaux en système unitaire ou séparatif canalisation circulaire (KERLOC'H B, MAELSTAF D, 1977)

