



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option :

REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

**Dimensionnement de la Station d'épuration des eaux usées
De la commune de Bouinan en vue de leur réutilisation
En domaine agricole**

Présenté par :

BOUCHELAGHEM Sara

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mme. LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
Mme. BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
Mr. KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
Mr. YAHIAOUI Samir	M.A.A	Promoteur

Session Octobre 2023

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire qui est la conséquence de longues années d'études, en premier lieu à :

- ♣ À mes merveilleux parents *Mohamed* et *Wafa*, qui m'ont toujours encouragé à poursuivre mes rêves et à viser l'excellence. Votre amour et votre soutien inconditionnels sont ma plus grande richesse.
- ♣ À ma grand-mère *Aouacueche*, qui a élevé des dou'aas pour moi avec un amour infini. Ce travail est une réponse à vos prières.
- ♣ À mes meilleures amies *Dalila* et *Soraya*, pour toutes les rires partagés, les larmes essuyées, et les souvenirs précieux que nous avons créés ensemble.
- ♣ À ma communauté *Apistere* : mes incroyables clients, abonnés et supporters, pour chaque encouragement, chaque partage, et chaque instant de croissance partagé ensemble, qui m'a rappelé l'importance de la persévérance, de la créativité et de l'authenticité.
- ♣ A toute ma famille, mes amis(es) et mes collègues de l'**ENSH** et spécialement de l'option **RENC**.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet :

- ♣ Mon promoteur *Mr Samir Yahiaoui* pour sa disponibilité, sa bienveillance et ses précieux enseignements. Son impact sur mon parcours académique est inestimable.
- ♣ Les membres du jury de ma thèse pour avoir consacré leur temps, leur expertise et leur attention à l'évaluation de mon travail. Vos commentaires et vos suggestions ont été inestimables pour son amélioration.
- ♣ *L'Ecole Nationale supérieure d'hydraulique*, pour m'avoir offert une expérience académique inoubliable. Les enseignants et le personnel dévoués m'ont accompagné tout au long de mon parcours, me guidant avec bienveillance et partageant leur expertise. En dehors des cours, j'ai eu la chance de participer à une vie sociale dynamique, de nouer des amitiés durables et de découvrir de nouvelles perspectives grâce à des expériences enrichissantes. Cette institution a été bien plus qu'un lieu d'apprentissage pour moi et je suis profondément reconnaissante d'avoir fait partie de cette communauté académique exceptionnelle.
- ♣ Toute l'équipe de *CTH-Blida* pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage au sein de votre organisation. Votre accueil chaleureux, votre soutien continu et vos précieux enseignements ont été essentiels à mon développement professionnel.
- ♣ Mes parents qui ont fait d'innombrables sacrifices en mettant de côté leurs propres besoins et désirs pour répondre aux miens. Ils ont consacré leur temps, leur énergie et leur amour à veiller à ce que j'aie tout ce dont j'avais besoin pour réussir. Ils ont renoncé à tant de choses pour s'assurer que je puisse poursuivre mes rêves et atteindre mes objectifs.

ملخص

أدت التوسعات الحضرية وزيادة عدد السكان في الجزائر، وخصوصًا في المدن الكبرى، إلى زيادة المشكلات المتعلقة بالتلوث. ولهذا السبب، وخلال السنوات الأخيرة، قامت السلطات بالاستثمار في بناء محطات معالجة لمياه الصرف بتقنية الطين الصحي الحضري. يهدف مشروعنا الحالي إلى تصميم وتحجيم منشآت محطة معالجة مياه الصرف الصحي المفعل منخفضة الحمولة لمدينة بوعينان، الموجودة في ولاية البليدة بسعة معالجة تبلغ 667154 نسمة مكافئة بحلول عام 2053.

الهدف الرئيسي لهذه المبادرة هو الحفاظ على البيئة الطبيعية، وخاصة مجرى الوادي المستلم، وحماية الصحة العامة، بالإضافة إلى إنشاء نظام يتيح استخدام المياه المعالجة لسقي المزروعات.

الكلمات المفتاحية: التلوث، محطات معالجة مياه الصرف الصحي، نظام الري.

Résumé

En Algérie, les extensions urbaines et la surpopulation, en particulier dans les grandes villes, ont entraîné une augmentation des problèmes liés à la pollution. C'est pourquoi, au cours des dernières années, les autorités ont investi dans la construction de stations d'épuration des eaux usées urbaines. Notre projet actuel vise à dimensionner les installations d'une station d'épuration à boues activées en faible charge des eaux usées pour la ville de BOUINAN, située dans la wilaya de BLIDA d'une capacité de traitement de 667 154 équivalent habitant pour l'année 2053.

L'objectif principal de cette initiative est de préserver l'environnement naturel, en particulier l'OUED récepteur, de protéger la santé publique, et également de mettre en place un système permettant de réutiliser les eaux traitées pour l'irrigation.

Mots-clés : Pollution, station d'épuration, système d'irrigation.

Abstract

In Algeria, urban expansions and overpopulation, especially in major cities, have led to an increase in pollution-related issues. That is why, in recent years, authorities have invested in the construction of urban wastewater treatment plants. Our current project aims to design and size the facilities of an activated sludge wastewater treatment plant with a low load for the city of BOUINAN, located in the BLIDA province with a treatment capacity of 667,154 population equivalents for the year 2053.

The primary objective of this initiative is to preserve the natural environment, particularly the receiving OUED, protect public health, and establish a system for using treated water for irrigation purposes.

Key-words : Pollution, Urban wastewater treatment plants, Irrigation system.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	IX
------------------------------------	-----------

<u>CHAPITRE I : REUTILISATION DES EAUX USEES DANS LA GESTION DE LA PENURIE D'EAU : CADRE LEGAL ET CAS DE L'IRRIGATION EN ALGERIE.....</u>	<u>2</u>
--	-----------------

I.1 INTRODUCTION	2
I.2 LA RARETE DE L'EAU ET PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN ALGERIE	2
I.2.1 RESSOURCES EN EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES	3
I.2.2 BARRAGES	5
I.2.3 OUVRAGES DE TRAITEMENT ET D'EPURATION DES EAUX USEES :	6
I.3 GENERALITES SUR LA REUTILISATION ET RECYCLAGE DES EAUX USEES.....	6
I.3.1 REUTILISATION EN AGRICULTURE	7
I.3.2 REUTILISATION DANS LES ZONES URBAINES	8
I.3.3 REUTILISATION EN INDUSTRIES	9
I.4 LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN IRRIGATION - CAS D'ALGERIE	11
I.5 LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES	13
I.6 CADRE REGLEMENTAIRE	15
I.7 SENSIBILISATION ET ACCEPTATION SOCIALE	17
I.8 CONCLUSION	18

<u>CHAPITRE II : PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE</u>	<u>19</u>
---	------------------

II.1 INTRODUCTION.....	19
II.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE BOUINAN	19
II.3 TOPOGRAPHIE	20
II.4 ETUDE GEOTECHNIQUE DU SITE.....	20
II.5 LA GEOMORPHOLOGIE/RELIEF	21
II.6 LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	21
HYDROLOGIE	21
HYDROGEOLOGIE	21
LES RESSOURCES SUPERFICIELLES	22
LES RESSOURCES SOUTERRAINES.....	22
LES RESSOURCES FLORISTIQUES ET FAUNISTIQUES	23
II.7 ETUDE CLIMATOLOGIQUE	23
PLUVIOMETRIE	23
TEMPERATURE.....	24
VENTS.....	25
EVAPORATION :	26
INSOLATION :	27
HUMIDITE RELATIVE DE L' AIR :	27
INDICES AGRO-METROLOGIQUE :	27

II.9 LA SISMICITE.....	30
II.10 SITUATION HYDRAULIQUE (ALIMENTATION EN EAUX POTABLE ET ASSAINISSEMENT)	31
II.11 LE RESEAU ROUTIER	31
II.12 L'ACTIVITE AGRICOLE	31
II.13 L'ACTIVITE INDUSTRIELLE	32
II.14 DONNEES DE BASE DE LA FUTURE STATION :	32
II.14.1 CONTEXTE ET LES AVANTAGES DE LA REALISATION D'UNE STATION D'EPURATION.....	32
II.14.2 EMLACEMENT DE LA STATION :	34
II.14.3 SOURCE DES EAUX BRUTES.....	34
II.14.4 ÉVACUATION DES EAUX TRAITEES :	34
II.14.5 DONNEES DE BASE DES EAUX USEES :	35
II.15 CONCLUSION	35
EN FIN DE COMPTE, LE SECTEUR D'ETUDE ET LE SITE D'IMPLANTATION D'UNE STATION D'EPURATION SONT DES ELEMENTS CLES POUR GARANTIR UN TRAITEMENT EFFICACE DES EAUX USEES ET MINIMISER LEUR IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. COMPRENDRE LES CHARGES POLLUANTES, AINSI QUE LES CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU SITE, EST ESSENTIEL POUR CONCEVOIR DES SOLUTIONS DURABLES ET RESPECTUEUSES DE NOTRE PRECIEUSE RESSOURCE EN EAU. CE CHAPITRE NOUS RAPPELLE L'IMPORTANCE DE LA PLANIFICATION MINUTIEUSE DANS LA GESTION DES EAUX USEES POUR UN AVENIR PLUS PROPRE ET PLUS SAIN.	
	35

CHAPITRE III : CALCUL DES CHARGES HYDRAULIQUES ET POLLUANTES..... **36**

INTRODUCTION :.....	36
III.1 ESTIMATION DE LA POPULATION :	36
III.2 BESOINS EN EAUX POTABLE :.....	36
III.3.DEBITS REJETES.....	37
IV.3.1 LES EAUX USEES DOMESTIQUES :	37
III.3.2 LES EAUX USEES DES EQUIPEMENTS :	37
III.3.3 DEBIT REJETE TOTAL :	38
III.4 EQUIVALENT HABITANT :.....	38
III.5 CHARGE HYDRAULIQUE :	38
III.5.1 DEBIT MOYEN JOURNALIER DES EAUX USEE :	38
III.5.2 DEBIT MOYEN HORAIRE (QMOY H) :	38
III.5.3 DEBIT DE POINTE PAR TEMPS SEC (QPTS) :	39
III.5.4 DEBIT DE POINTE PAR TEMPS DE PLUIE « QPTP » :	39
III.6 CHARGE POLLUANTES :.....	40
III.6.1 CHARGES EN DBO ₅	40
III.6.2 CHARGES EN DCO :	41
III.6.3 CHARGES EN MES :	42
III.6.4 CHARGES EN AZOTE N :	43
III.6.5 CHARGES EN PHOSPHORE P :	43
CONCLUSION :	44

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION..... **45**

IV.1 INTRODUCTION	45
IV.2 DONNEES ET PARAMETRES DE BASE :	45
➤ RAPPEL DES DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT :	46
COEFFICIENT DE BIODEGRADABILITE :	47
IV.3 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE LA STATION :.....	48
IV.3.1 FOSSE A BATARDS (PRE-DESSABLEUR) :	48
IV.3.2 DEGRILLAGE :	49
IV.3.3 POSTE DE RELEVAGE	55
IV.3.4 DESSABLAGE – DESHUILAGE AERE.....	57
IV.3.5 TRAITEMENT BIOLOGIQUE.....	60
IV.3.6 CLARIFICATEUR :	75
IV.3.7 TRAITEMENT TERTIAIRE :.....	76
IV.3.8 TRAITEMENT ET ELIMINATION DES BOUES :.....	84
IV.4 CONCLUSION.....	89
<u>CHAPITRE V : ORGANISATION DU CHANTIER</u>	<u>90</u>
INTRODUCTION :.....	90
V.1 TRAVAUX DE REPARATIONS ET INSTALLATION DE CHANTIER.....	90
V.1.1 INSTALLATIONS DESTINEES AUX PERSONNELS.....	90
V.1.2 INSTALLATIONS DESTINEES AU STOCKAGE DES MATERIAUX :	91
V.1.3 INSTALLATIONS DESTINEES A LA REPARATION DES ENGINES	91
V.2 MOYENS DES TRAVAUX DE CHANTIER	91
VI.2.1 MOYENS HUMAINS	91
V.2.2 MOYENS MATERIELS	91
V.3 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	92
VI.3.1 CALCULE LE COUT D’INVESTISSEMENT	92
V.3.2 LE COUT DE FONCTIONNEMENT :	96
V.3.3 CALCUL DU PRIX DU M ³ D’EAU TRAITEE :.....	97
V.3.4 CALCUL DU PRIX DU M ³ D’EAU EPUREE :.....	97
V.4 ATTRIBUTION DES DUREES DE CHAQUE OPERATION	98
V.4.1 METHODE BASEE SUR LE RESEAU	99
V.4.2 LES PRINCIPALES LOIS DE LA METHODE C.P.M.....	100
V.4.3 SYMBOLES DES DIFFERENTES OPERATIONS	101
CONCLUSION :	102
<u>CONCLUSION GENERALE.....</u>	<u>103</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>104</u>

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I.1 : REPARTITION SPATIALE DES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES EN ALGERIE [7]	4
TABLEAU I.2 :REPARTITION DES DEBITS DES EUT PAR ZONE (ONA, 2019).....	12
TABLEAU I.3 : REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES EN AGRICULTURE EN ALGERIE, (ONA, 2019).....	13
TABLEAU I.4 :NORMES DE REJET DES EAUX USEES DANS LE MILIEU NATUREL (OMS).....	15
TABLEAU II.1:DONNEES PLUVIOMETRIQUES (MOYENNE DU 1993A2021)	23
TABLEAU II.2 : TEMPERATURE MAXIMALE MOYENNE MENSUELLE (MOYENNE DES 20 DERNIERES ANNEES).....	24
TABLEAU II.3:VITESSES MOYENNES MENSUELLES DES VENTS (17ANS).	26
TABLEAU II.4:L'EVAPORATION MOYENNE MENSUELLE (16ANS).....	26
TABLEAU II.5:INSOLATIONS MOYENNES MENSUELLES (10ANS)	27
TABLEAU II.6:HUMIDITES RELATIVES MOYENNES MENSUELLES (10ANS)	27
TABLEAU II.7:LES LIMITES DE CLIMAT D'APRES L'INDICE DE MARTONNE	28
TABLEAU II.8:LES PARAMETRES DE POLLUTION ACTUELLES(ONA).....	35
TABLEAU IV.1 :RAPPEL DES DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT	46
TABLEAU IV.2:NORMES DE REUTILISATION EN IRRIGATION	47
TABLEAU IV.3/TABLEAU RECAPITULATIF ET COEFFICIENT DE BIODEGRADABILITE	47
TABLEAU IV.4:DONNEES DE BASES DE DIMENSIONNEMENT	50
TABLEAU IV.5:DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT	52
TABLEAU IV.6:RESULTATS DE LA METHODE KIRSCHER	52
TABLEAU IV.7:RESULTATS DE PERTE DE CHARGE	53
TABLEAU IV.8:RESULTATS DE PERTE DE CHARGE	53
TABLEAU IV.9:RESULTATS	53
TABLEAU IV.10:RESULTATS	53
TABLEAU IV.11:RECAPITULATIF DES RESULTATS	54
TABLEAU IV.12:DONNEES.....	54
TABLEAU IV.13:RESULTATS DE CALCUL.....	54
TABLEAU IV.14:DONNEES DE BASE.....	55
TABLEAU IV.15:DONNEES DE BASE.....	57
TABLEAU IV.16:RECAPITULATIF DES RESULTATS	58
TABLEAU IV.17:LES CHARGES POLLUANTES RESTANTES	60
TABLEAU IV.18:RAPPEL.....	61
TABLEAU IV.19:DONNEES DE BASE.....	61
TABLEAU IV.20:RESULTATS	62
TABLEAU IV.21:DONNEES SUR LE TYPE DE BASSIN BIOLOGIQUE.....	63
TABLEAU IV.22:RESULTATS	65
TABLEAU IV.23:RESULTATS	65
TABLEAU IV.24:RESULTATS	67
TABLEAU IV.25:RESULTATS	69
TABLEAU IV.26:RESULTATS	74
TABLEAU IV.27:DONNEES DE BASE.....	74
TABLEAU IV.28:RESULTATS	75
TABLEAU IV.29:QUALITE DES EAUX ATTENDUES APRES TRAITEMENT BIOLOGIQUE	75
TABLEAU IV.30:DONNEES DE BASE.....	75
TABLEAU IV.31:RESULTATS	76
TABLEAU IV.32:METHODES DE DESINFECTION AVANTAGES INCONVENIENTS	77
D'APRES LE TABLEAU IV.33 NOUS CONSTATONS QUE :	78
TABLEAU IV.34:DONNEES DE BASE.....	78

TABLEAU IV.35:RESULTATS	79
TABLEAU IV.36:DONNEES DE BASE.....	79
TABLEAU IV.37:RESULTATS	80
TABLEAU IV.38:DONNEES DE BASE.....	80
TABLEAU IV.39:RESULTATS	80
TABLEAU IV.40:DONNEES DE BASE.....	81
TABLEAU IV.41:RESULTATS	81
TABLEAU IV.42: PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES LAMPES DE BASSE PRESSION [26].....	83
TABLEAU IV.43:CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE D'EPAISSISSEMENT DES BOUES.....	84
TABLEAU IV.44:DONNEES.....	84
TABLEAU IV.45:DONNEES.....	85
TABLEAU IV.46:RESULTATS	85
TABLEAU IV.47:RESULTATS	85
TABLEAU IV.48:RESULTATS	85
TABLEAU IV.49:RESULTATS	86
TABLEAU IV.50:RESUTATS	86
TABLEAU IV.51:RESULTATS	86
TABLEAU IV.52:DONNEES DE BASE.....	87
TABLEAU IV.53:RESULTATS	88
TABLEAU IV.54:RESULTATS	88
TABLEAU IV.55:RESULTATS	88
TABLEAU V.1:DONNE LES VALEURS DU COUT DE TERRASSEMENT DE CHAQUE OUVRAGE 2053	93
TABLEAU V.2:LE COUT DU BETON ARME DE CHAQUE OUVRAGE 2053	94
TABLEAU V.3:COUT TOTAL GC.....	94
TABLEAU V.4:LE COUT DES VRD	95
TABLEAU V.5:COUT DES EQUIPEMENTS ELECTROMECHANQUES ET ELECTRIQUES ET DES INSTALLATIONS HYDROMECHANQUES	95
TABLEAU V.6:COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS DE LA STATION.....	95
TABLEAU V.7: LE COUT DE MAIN D'ŒUVRE	96
TABLEAU V.8:LE COUT DE RENOUVELLEMENT DU MATERIEL ELECTROMECHANIQUE.....	96
TABLEAU V.9:LE COUT DES FRAIS FINANCIERS	96
TABLEAU V.10:LE COUT DE FONCTIONNEMENT TOTAL.....	96
TABLEAU V.11:LE COUT D'AMORTISSEMENT ANNUEL.....	97
TABLEAU V.12:COUT ANNUEL DE LA STATION	97
TABLEAU V.13:VOLUME TOTAL ANNUEL D'AU EPUREE	97
TABLEAU V.14:PRIX DU M3 D'EAU EPUREE.....	98
TABLEAU V.15: METHODE CHEMIN CRITIQUE.....	99

Liste des figures

FIGURE I.1 : POURCENTAGE DU POTENTIEL HYDRIQUE EN ALGERIE [4]	2
FIGURE I.2 : POURCENTAGE DU POTENTIEL HYDRIQUE ENTRE LE NORD ET SAHARA [6].....	3
FIGURE I.3 :EVOLUTION DU NOMBRE DE BARRAGES REALISES ET CAPACITE DE STOCKAGE EN ALGERIE 1992- 2011 [6]	5
FIGURE I.4 : EVOLUTION DU NOMBRE DES STEP ET STATIONS DE LAGUNAGE EN ALGERIE (2000-2015) [14]	6
FIGURE II.1: LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE BOUINAN (ONA).....	19
FIGURE II.2:BASSIN VERSANT DE LA VILLE DE BOUINANE	22
FIGURE II.3:HISTOGRAMME DES PLUIES MOYENNES MENSUELLES	24
FIGURE II.4:HISTOGRAMME DES TEMPERATURES MOYENNES ET EXTREMES	25
FIGURE II.5:FREQUENCE ET ORIENTATION DES VENTS A DIFFERENTES VITESSES.	26
FIGURE II.6:DIAGRAMME D'EMBERGER	29
FIGURE II.7:CLIMATOGRAMME DE GAUSSEN	30
FIGURE II.8:POURCENTAGE DES SURFACE AGRICOLES DE LA COMMUNE.....	32
FIGURE II.9:EMPLACEMENT DU SITE DE LA STATION.SOURCE :GOOGLE EARTH	34
FIGURE IV.1:SCHEMA D'UN DEGRILLEUR	51
FIGURE IV.2:SCHEMA DE LA STATION DE RELEVAGE	56
FIGURE IV.3:REACTEURS OUVERTS AQUARAY	82
FIGURE V.1:RESEAU A FLECHE EXEMPLE	99
FIGURE V.2:RESEAU A NŒUDS EXEMPLE	99
FIGURE V.3:RESEAU A NŒUDS POUR LA REALISATION DU PROJET	101

Introduction générale

L'eau, ressource précieuse et essentielle à la vie, est au cœur de nombreux défis environnementaux et sociétaux du XXI^e siècle. La croissance démographique rapide, l'urbanisation accrue et l'industrialisation ont engendré une demande croissante en eau, tout en exacerbant les problèmes de pollution et de gestion des ressources hydriques. Face à cette réalité, la préservation de la qualité de l'eau et son utilisation durable sont devenues des préoccupations cruciales à l'échelle mondiale.

Dans ce contexte, la gestion des eaux usées joue un rôle primordial dans la préservation de l'environnement et de la santé publique. Les stations d'épuration des eaux usées sont des infrastructures clés visant à traiter et à purifier les eaux contaminées avant leur retour dans l'environnement. Toutefois, au-delà de la simple élimination des polluants, la valorisation des eaux épurées représente un enjeu majeur.

L'Algérie, tout comme de nombreuses régions du monde, fait face à des défis importants en matière d'eau. La pollution des ressources en eau est un problème récurrent, résultant des activités industrielles, agricoles et urbaines. Cette pollution menace directement la qualité de l'eau disponible pour la consommation humaine et pour les besoins agricoles, mettant en péril la santé publique et la sécurité alimentaire. En outre, l'Algérie connaît une pénurie d'eau chronique, exacerbée par des cycles de sécheresse récurrents et la mauvaise gestion des ressources hydriques.

Face à cette réalité, la réutilisation des eaux épurées apparaît comme une réponse stratégique et viable à plusieurs de ces défis. Elle permet de réduire la pression sur les ressources d'eau douce, de préserver l'environnement naturel en évitant le rejet de polluants dans les cours d'eau, et d'assurer une source d'eau fiable pour l'irrigation agricole. Cette approche contribue également à la résilience face à la pénurie d'eau, en valorisant une ressource autrefois considérée comme un déchet.

Ce mémoire se focalise sur deux aspects cruciaux de la gestion de l'eau en Algérie : le dimensionnement des stations d'épuration des eaux usées et la réutilisation de ces eaux épurées en agriculture. Il explore les principes du dimensionnement des stations d'épuration, en mettant l'accent sur leur adaptation aux besoins locaux. De plus, il examine les avantages environnementaux, économiques et sociaux de la réutilisation des eaux épurées en agriculture, notamment son rôle dans la préservation de l'environnement naturel, la sécurité alimentaire et la santé publique.

En conclusion, ce mémoire aspire à contribuer à une gestion plus efficace et durable de l'eau en Algérie en intégrant le traitement des eaux usées à un cycle de ressources, où la réduction de la pollution, la préservation de la santé publique et la garantie de l'approvisionnement en eau sont des objectifs convergents. Dans un pays confronté à des défis hydriques majeurs, l'innovation et la réutilisation sont des atouts précieux pour assurer un avenir plus durable et résilient.

Chapitre I

Chapitre I : Réutilisation des Eaux Usées dans la Gestion de la Pénurie d'Eau : Cadre Légal et Cas de l'Irrigation en Algérie

I.1 Introduction

L'eau est une ressource essentielle à la vie sur Terre, mais elle est de plus en plus soumise à des pressions croissantes en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation rapide et des défis liés au changement climatique. Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées émerge comme une solution prometteuse pour relever ces défis et assurer une gestion durable des ressources en eau.

I.2 La rareté de l'eau et pressions sur les ressources en Algérie

L'Algérie, avec une superficie de 2 381 741 km², est composée de 58 wilayas. Près de 80% de son territoire est constitué de zones désertiques où les précipitations sont pratiquement inexistantes, et les ressources en eau de surface sont très limitées, principalement concentrées dans la partie nord de l'Atlas [1].

Les potentialités hydriques de l'Algérie sont estimées à environ 18 milliards de m³ par an. De ce total, 12,5 milliards de m³ proviennent des régions du nord (10 milliards de m³ d'écoulements de surface et 2,5 milliards de m³ de ressources souterraines renouvelables), tandis que 5,5 milliards de m³ proviennent des régions sahariennes (0,5 milliards de m³ d'écoulements de surface et 5 milliards de m³ de ressources souterraines fossiles) [2].

Ces ressources hydriques en Algérie sont renouvelables, avec 60% provenant des eaux de surface et 15% des eaux souterraines. Cette répartition des ressources joue un rôle capital dans la gestion de l'eau dans le pays, en particulier dans les régions arides et désertiques où l'eau est une ressource précieuse et limitée [3].

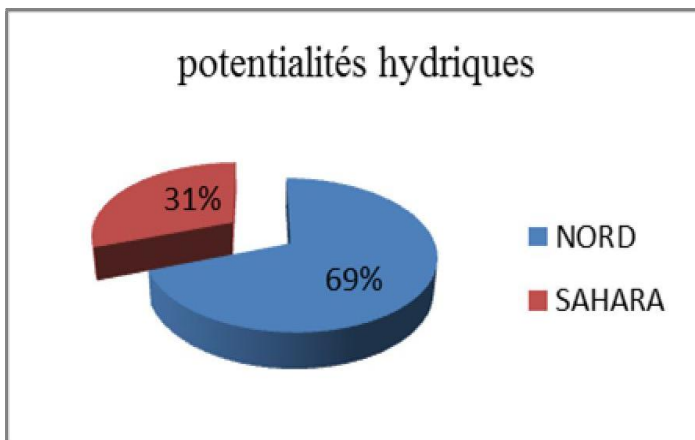


Figure I.1 : Pourcentage du potentiel hydrique en Algérie [2]

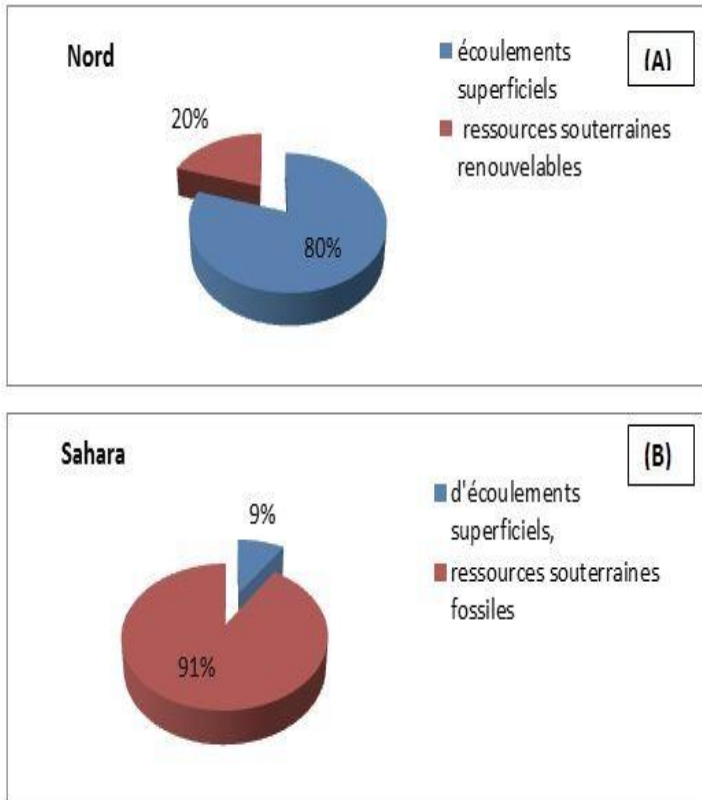


Figure I.2 : Pourcentage du potentiel hydrique entre le Nord et Sahara [4]

I.2.1 Ressources en eaux de surface et souterraines

Les résultats de l'enquête basée sur les rapports de la commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement du ministère des ressources en eau révèlent une répartition inégale des ressources en eau de surface et souterraines en Algérie, variant d'une région hydrographique à une autre. En effet, les eaux de surface sont principalement concentrées dans le nord du pays, avec 3,7 milliards de m³ dans la région du Constantinois-Seybouse-Mellegue, et 3,4 milliards de m³ dans la région de l'Algérois-Hodna-Soummam. D'autre part, les ressources en eaux souterraines sont principalement concentrées dans le Sahara, totalisant 5 milliards de m³.

Cette distribution spatiale inégale des ressources en eau reflète les disparités hydrologiques entre les régions du pays. Les régions du nord bénéficient davantage des eaux de surface, tandis que les régions sahariennes dépendent principalement des eaux souterraines. Cette situation pose des défis en termes de gestion de l'eau et de planification des ressources, en particulier pour les régions arides et désertiques où les ressources en eau sont limitées. Une gestion équilibrée et durable de ces ressources est essentielle pour assurer l'accès à l'eau et répondre aux besoins croissants en eau dans l'ensemble du pays.

Tableau I.1 : Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie [5]

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux souterraines	Total de la ressource
Oranie, Chott Chergui	1 milliard de m ³	0.6 milliard de m ³	1.6 milliard de m ³
Cheliff, Zahrez	1.5 milliard de m ³	0.33 milliard de m ³	1.83 milliard de m ³
Algérois, Hodna, Soummam	3.4 milliard de m ³	0.74 milliard de m ³	4.14 milliard de m ³
Constantinois, Seybouse, Mellegue	3.7 milliard de m ³	0.43 milliard de m ³	4.43 milliard de m ³
Sahara	0.2 milliard de m ³	5 milliard de m ³	5.2 milliard de m ³

Nappe albiennne :

Les nappes phréatiques en Algérie sont alimentées par les précipitations, grâce à la perméabilité des sols. Dans le nord du pays, les eaux souterraines sont estimées à environ 1,9 milliard de m³. Cependant, ces ressources sont actuellement exploitées à plus de 90%, ce qui entraîne une surexploitation critique de nombreuses nappes, en particulier dans les régions telles que la Mitidja et d'autres zones urbaines, industrielles et touristiques. La surexploitation de ces nappes est principalement due aux besoins en eau pour l'agriculture, l'alimentation en eau potable et les activités industrielles [6].

Au nord du pays, on compte environ 126 nappes principales renouvelables. En revanche, dans le sud, il existe quelques nappes phréatiques souvent saumâtres, situées dans les lits des oueds comme les oueds Ghir, M'Zab, Saoura, etc. Cependant, l'essentiel du potentiel hydrique se trouve dans les nappes du Sahara septentrional. Le renouvellement de ces nappes fossiles ou semi fossiles n'est assuré qu'à hauteur de 80 millions de m³ [4].

Cette situation souligne l'importance de gérer de manière durable les ressources en eau souterraine en Algérie, en évitant une surexploitation excessive qui pourrait compromettre la disponibilité future de cette précieuse ressource. La protection des nappes phréatiques et la mise en place de pratiques de gestion responsables sont essentielles pour préserver l'accès à l'eau et assurer la durabilité de l'approvisionnement en eau dans le pays.

I.2.2 Barrages

Les barrages sont un moyen essentiel de mobiliser les ressources en eau superficielles, et l'Algérie dispose actuellement de 84 barrages de plus de 15 mètres de hauteur, dont 78 sont en exploitation. Ces barrages permettent de mobiliser environ 8,9 milliards de m³ d'eau [7]. Cependant, en comparaison avec d'autres pays de la région, tels que le Maroc avec 104 grands barrages mobilisant 10 milliards de m³ et la Tunisie avec 28 grands barrages mobilisant 2,4 milliards de m³, l'Algérie a un potentiel de mobilisation des eaux de surface relativement plus limité [1].

Le secteur des ressources en eau en Algérie a connu une évolution significative. Au début des années 1960, il n'y avait que 13 barrages dans le pays, tandis qu'aujourd'hui, il y en a 84, augmentant la capacité de mobilisation des eaux de 0,45 milliard de m³ à 8,9 milliards de m³, soit 78% des potentialités du pays. Le gouvernement a également prévu la construction de 19 barrages supplémentaires, d'une capacité totale de 1,3 milliard de m³, dans le cadre du programme du Ministère des Ressources en Eau pour la période 2010-2014.

Cependant, il est important de noter que les barrages en Algérie sont confrontés à un problème de sédimentation, qui prive le pays de près de 800 millions de m³ d'eau [7]. Les conditions naturelles et économiques en Algérie ne permettent pas la construction de barrages de plus grandes capacités, comme le barrage d'Assouan en Égypte, qui a une capacité théorique de 160 milliards de m³ (soit 4 fois les écoulements superficiels de tous les pays du Maghreb). Malgré ces contraintes, les barrages restent un moyen décisif pour stocker et mobiliser l'eau dans le pays, contribuant ainsi à la sécurité de l'approvisionnement en eau et à la gestion des ressources hydriques [8].

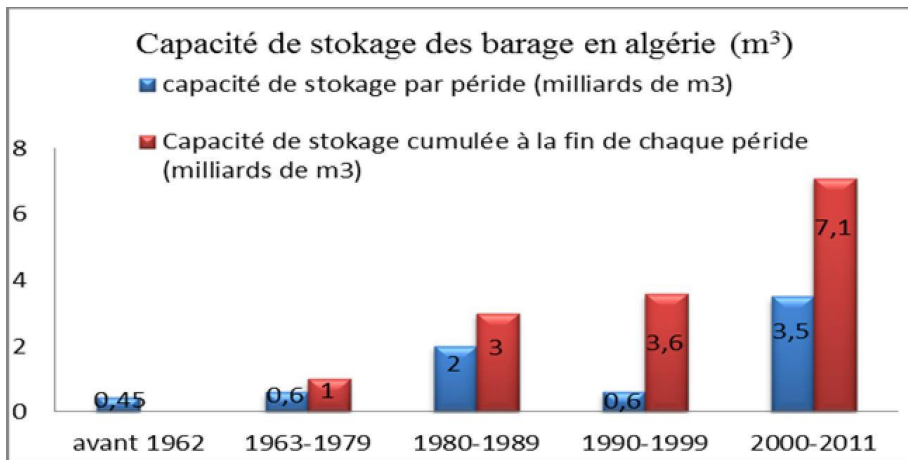


Figure I.3 :Evolution du nombre de barrages réalisés et capacité de stockage en Algérie 1992- 2011 [4]

I.2.3 Ouvrages de traitement et d'épuration des eaux usées :

La protection des ressources en eau contre la pollution a été une préoccupation des autorités algériennes depuis les années 1970 [3]. À la fin des années 1990, le pays comptait déjà au moins 36 stations d'épuration en exploitation [9]. Ce nombre a considérablement augmenté, atteignant 200 stations d'épuration en 2015, avec une capacité d'épuration estimée à 12 millions d'équivalents habitants (Eq/H), soit environ 800 millions de m³ d'eau traitée annuellement sur un volume total d'eau rejetée estimé à 1,4 milliard de m³ par an [10].

L'Office National de l'Assainissement (ONA) s'est engagé à diversifier les projets d'assainissement, en incluant des stations de lagunage en plus des stations d'épuration traditionnelles. Parmi les 108 stations d'épuration en exploitation en 2014, 60 étaient des stations de lagunage. L'ONA gère également près de 350 stations de pompage et possède un réseau d'assainissement de 39 000 km, avec des plans d'extension pour atteindre 44 000 km en couvrant de nouvelles wilayas [11].

Actuellement, la capacité théorique totale d'épuration de l'Algérie est d'environ 700 millions de m³ par an, ce qui est inférieur au volume d'eau rejetée de 927 millions de m³ par an. Cependant, des efforts sont déployés pour augmenter cette capacité, et l'objectif est d'atteindre 900 millions de m³ d'eau traitée par an d'ici 2020, ce qui représenterait environ 75% de la capacité totale de traitement nécessaire [6].

Ces projets d'assainissement et d'épuration jouent un rôle essentiel dans la préservation de la qualité de l'eau et la protection des ressources en eau du pays contre la pollution, contribuant ainsi à garantir un approvisionnement en eau plus sûr et plus durable pour la population algérienne [11].

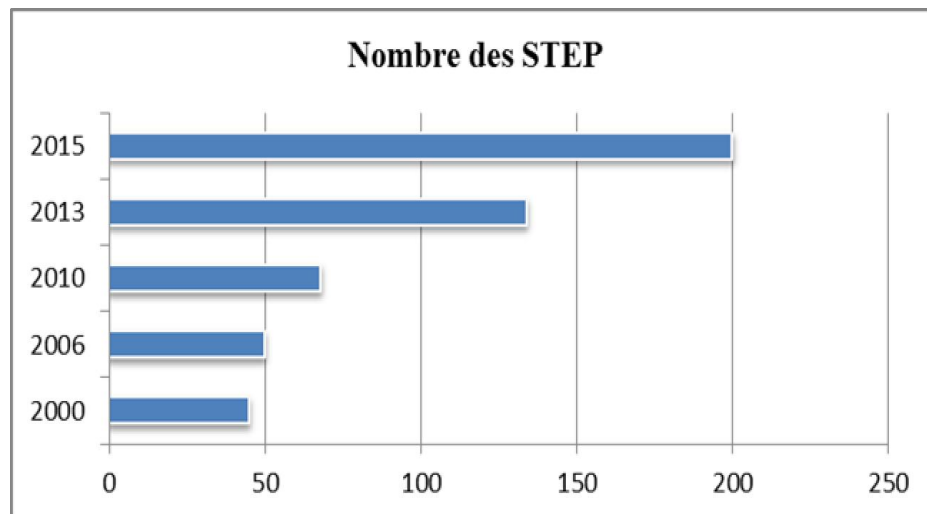


Figure I.4 : Evolution du nombre des STEP et stations de lagunage en Algérie (2000-2015) [12]

I.3 Généralités sur la réutilisation et recyclage des eaux usées

La réutilisation des eaux usées, aussi appelée réutilisation de l'eau, implique le traitement et la purification des eaux usées afin de les rendre propres à être réutilisées à des fins non potables ou

indirectement pour des usages potables. Ce processus est de plus en plus adopté à travers le monde pour faire face à la rareté de l'eau et promouvoir une gestion durable des ressources hydriques. [13]

Plusieurs applications découlent de cette pratique :

- Irrigation agricole : L'eau traitée est utilisée pour l'irrigation des cultures, réduisant ainsi la pression sur les sources d'eau douce et évitant la pollution des cours d'eau par les eaux usées non traitées.
- Arrosage des espaces verts et des parcs : Les eaux usées traitées sont employées pour arroser les espaces verts publics, préservant ainsi les sources d'eau douce.
- Utilisation industrielle : Certaines industries peuvent tirer profit de l'eau traitée pour des processus n'exigeant pas d'eau potable, comme le refroidissement d'équipements ou le lavage.
- Recharge des nappes phréatiques : Dans certaines régions, les eaux usées traitées sont infiltrées dans les nappes phréatiques pour reconstituer les réserves d'eau souterraine.
- Utilisation domestique non potable : L'eau traitée peut être employée à domicile pour des usages non potables, tels que le lavage des voitures, le nettoyage et la chasse d'eau des toilettes. [6]

I.3.1 Réutilisation en agriculture

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture implique le traitement et la réutilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation dans les champs agricoles. Cette pratique a pris de l'importance en tant que solution de gestion durable de l'eau, en particulier dans les régions confrontées à une pénurie d'eau et à des demandes concurrentes de ressources en eau douce [14].

I.3.1.1 Avantages de la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture :

- Conservation de l'eau : La réutilisation des eaux usées traitées réduit la demande de ressources en eau douce, ce qui permet de conserver des réserves d'eau précieuses.
- Fourniture d'éléments nutritifs : Les eaux usées traitées contiennent souvent des nutriments précieux tels que l'azote, le phosphore et le potassium, qui peuvent servir d'engrais pour les cultures, réduisant ainsi le besoin d'engrais chimiques.
- Amélioration de la fertilité des sols : La matière organique présente dans les eaux usées traitées peut contribuer à améliorer la structure et la fertilité du sol au fil du temps.
- Avantages économiques : L'utilisation d'eaux usées traitées pour l'irrigation peut réduire la dépendance des agriculteurs à l'égard de sources d'eau douce coûteuses, ce qui permet de réaliser des économies potentielles.
- Amélioration de la croissance des cultures : Des eaux usées correctement traitées peuvent fournir un approvisionnement en eau fiable et constant, ce qui permet d'améliorer la croissance et le rendement des cultures [15].

I.3.1.2 Défis et précautions :

- Problèmes de qualité de l'eau : Il est essentiel de veiller à ce que les eaux usées traitées répondent à des normes de qualité strictes afin d'éviter la contamination des cultures et les risques potentiels pour la santé.
- Perception du public : L'acceptation de la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture peut s'avérer difficile en raison des préoccupations liées à la santé et à l'hygiène.
- Sélection des cultures : Certaines cultures se prêtent mieux que d'autres à l'irrigation avec des eaux usées traitées. Il est essentiel d'examiner attentivement la sélection des cultures pour éviter les risques potentiels.
- Surveillance et réglementation : Une surveillance et une réglementation adéquates sont nécessaires pour garantir le respect des normes de qualité et prévenir les incidences potentielles sur l'environnement [15].

I.3.2 Réutilisation dans les zones urbaines

La réutilisation des eaux urbaines, également appelée recyclage de l'eau ou utilisation d'eau récupérée, consiste à traiter et à réutiliser les eaux usées dans les zones urbaines pour diverses applications non potables. Cette pratique permet de remédier à la pénurie d'eau, d'alléger la pression sur les ressources en eau douce et d'encourager une gestion durable de l'eau.

Types de réutilisation de l'eau en milieu urbain :

- a. Irrigation des espaces verts : Une application courante consiste à utiliser de l'eau recyclée pour irriguer les parcs, les espaces verts et les terrains de sport, ce qui permet de réduire la demande d'eau douce et de minimiser l'utilisation d'eau potable pour l'irrigation.
- b. Chasse d'eau : les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour la chasse d'eau des toilettes, ce qui permet de conserver l'eau potable.
- c. Procédés industriels : Certaines industries peuvent utiliser de l'eau recyclée pour des processus non potables tels que les systèmes de refroidissement, réduisant ainsi leur dépendance à l'égard de l'eau de haute qualité [16].
- d. Lavage de voitures : l'eau recyclée peut être utilisée pour le lavage de voitures commerciales et résidentielles, ce qui permet d'économiser les ressources en eau douce.
- e. Recharge des nappes phréatiques : Dans certains cas, les eaux usées traitées sont injectées dans les aquifères pour reconstituer les réserves d'eau souterraine.
 - Systèmes de distribution : L'eau recyclée est distribuée séparément de l'eau potable par le biais de systèmes de double canalisation dédiés afin d'éviter toute contamination croisée et de garantir que l'eau recyclée est utilisée uniquement à des fins non potables approuvées.

- Perception et éducation du public : L'acceptation généralisée de l'eau recyclée pour des utilisations non potables nécessite souvent des campagnes d'éducation et de sensibilisation du public pour répondre aux préoccupations en matière de sécurité et d'hygiène.
- Surveillance et réglementation : Une surveillance et une réglementation rigoureuses sont essentielles pour maintenir la qualité de l'eau recyclée et garantir son utilisation en toute sécurité. Des tests réguliers et le respect des normes sont essentiels pour préserver la santé publique et protéger l'environnement.

Avantages de la réutilisation de l'eau urbaine :

- a. Conservation de l'eau : La réutilisation de l'eau urbaine réduit la demande en eau douce, ce qui permet de préserver des ressources précieuses.
- b. Résistance à la sécheresse : L'utilisation d'eau recyclée permet de disposer d'une source d'eau fiable pendant les périodes de sécheresse ou de pénurie d'eau.
- c. Protection de l'environnement : La réutilisation de l'eau réduit les rejets d'eaux usées dans les masses d'eau naturelles, contribuant ainsi à la protection des écosystèmes.
- d. Économies : En utilisant l'eau recyclée à des fins non potables, les municipalités et les entreprises peuvent économiser le coût du traitement et de la distribution de l'eau potable [14].

I.3.3 Réutilisation en industries

La réutilisation de l'eau urbaine dans l'industrie consiste à traiter et à utiliser l'eau récupérée pour diverses applications non potables dans le cadre de processus industriels. Cette pratique présente de nombreux avantages, notamment la réduction de la consommation d'eau douce, la minimisation des rejets d'eaux usées et la promotion d'une gestion durable de l'eau dans les milieux industriels [17].

I.3.3.1 Sources d'eaux usées :

Les industries génèrent d'importantes quantités d'eaux usées contenant divers contaminants, produits chimiques et polluants. Ces eaux usées proviennent des processus de fabrication, des systèmes de refroidissement et d'autres activités industrielles [14].

I.3.3.2 Traitement des eaux usées :

Les eaux usées urbaines provenant des industries sont soumises à des processus de traitement spécialisés afin d'éliminer des polluants spécifiques et de s'assurer qu'elles répondent aux normes de qualité pour les applications non potables. Des méthodes de traitement avancées, notamment des traitements chimiques, la filtration et la désinfection, sont utilisées pour rendre l'eau apte à la réutilisation [18].

I.3.3.3 Normes de qualité :

L'eau recyclée utilisée dans les industries doit répondre à des normes de qualité et à des réglementations strictes afin de garantir sa compatibilité avec des procédés industriels spécifiques. Le respect de ces normes est essentiel pour protéger les équipements, maintenir l'efficacité des procédés et éviter les impacts potentiels sur l'environnement [19].

I.3.3.4 Types de réutilisation de l'eau urbaine dans les industries :

a. Systèmes de refroidissement : L'eau recyclée peut être utilisée comme agent de refroidissement dans les processus industriels, tels que les centrales électriques, les raffineries et les usines de fabrication [16]. Cela permet de réduire la demande d'eau douce à des fins de refroidissement et de minimiser la pollution thermique dans les masses d'eau naturelles.

b. Nettoyage des équipements : L'eau recyclée non potable convient au nettoyage des équipements industriels et des machines, ce qui garantit une bonne hygiène et réduit les besoins en eau douce.

c. Eau de traitement : Dans certaines industries, les eaux usées traitées peuvent être utilisées comme eau de traitement pour des opérations spécifiques de fabrication ou de production qui ne nécessitent pas d'eau de haute qualité.

d. Irrigation : Certains sites industriels dotés d'espaces verts ou d'aménagements paysagers peuvent utiliser de l'eau recyclée à des fins d'irrigation, ce qui permet de préserver davantage les ressources en eau douce [14].

I.3.3.5 Systèmes de distribution dédiés :

Les industries disposent souvent de systèmes de canalisation distincts pour distribuer l'eau recyclée dans leurs installations. Cela permet d'éviter les mélanges avec l'eau potable et de garantir une utilisation appropriée de l'eau recyclée pour des besoins industriels spécifiques.

I.3.3.6 Avantages économiques :

La réutilisation de l'eau urbaine dans les industries peut entraîner des économies en réduisant la quantité d'eau douce achetée et en minimisant les dépenses liées à l'évacuation et au traitement des eaux usées.

I.3.3.7 Avantages pour l'environnement :

La réutilisation de l'eau dans les industries diminue la demande d'eau douce, préserve les ressources naturelles en eau et réduit la charge polluante sur l'environnement en détournant les eaux usées des masses d'eau réceptrices [19].

I.3.3.8 Défis et considérations :

a. Compatibilité : La qualité de l'eau recyclée doit être adaptée aux processus industriels spécifiques et garantir qu'elle n'interfère pas avec la production ou n'endommage pas l'équipement.

- b. Surveillance et réglementation : Une surveillance adéquate et le respect des normes de qualité de l'eau sont essentiels pour maintenir l'intégrité des procédés industriels et se prémunir contre les risques potentiels.
- c. Perception du public : L'acceptation de l'utilisation d'eau recyclée dans les industries peut nécessiter une éducation du public et une communication pour répondre aux inquiétudes et aux idées fausses.

I.4 La réutilisation des eaux usées en irrigation - cas d'Algérie

La pratique de la réutilisation des eaux usées en agriculture remonte à l'Antiquité. Dès les années 1990, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) a lancé des programmes visant à moderniser les infrastructures de traitement pour cette réutilisation en irrigation. [20]

Le taux de réutilisation des eaux usées par rapport aux ressources en eau disponibles permet d'évaluer son impact en irrigation. Dans la région hydrographique Chelif Zahrez, cette contribution est estimée à 13,37 %, tandis qu'elle atteint 21,4 % dans la région hydrographique Constantine-Seybousse-Mellegue et 34,92 % dans la région hydrographique Oranie-Chott-Chergui. Cette dernière région est nettement plus aride avec seulement 400mm de pluviométrie par an. Notamment, dans la région de l'Oranie de l'Ouest algérien, le taux de réutilisation peut atteindre jusqu'à 100 % dans le cas du périmètre de Mléta. [21]

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit prioritairement cibler les zones en déficit d'eau conventionnelle. Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA dans les 43 wilayas, certaines sont concernées par la réutilisation des eaux épurées en agriculture. En 2011, environ 17 millions de m³ d'eau ont été réutilisés, irriguant ainsi plus de 10 000 hectares de terres agricoles [6]. Ce potentiel de réutilisation a connu une augmentation significative, passant d'environ 17 millions de m³ en 2011 à environ 45 millions de m³ en 2012 et 300 millions de m³ en 2014.

En février 2018, 1,5 million de m³ d'eaux épurées issues de 17 stations d'épuration (STEP) ont été réutilisées pour l'irrigation de 11 062 hectares de terres agricoles, représentant un taux de réutilisation (RE-USE) de 40 % du volume épuré par ces 17 STEP et 9 % du volume total épuré par les 146 STEP exploitées par l'ONA.

Selon les données de l'ONA pour janvier 2019, la gestion et l'exploitation de 153 stations d'épuration se composaient de 75 stations à boues activées, 75 stations de lagunage et 3 filtres plantés. Ces stations avaient une capacité totale installée de 10 359 462 équivalents-habitants, avec un débit nominal de 1 572 167 m³/jour [6].

Le volume total des eaux usées traitées dépassait 21 millions de mètres cubes, avec un débit moyen quotidien de 681 232 m³/jour [13]. Cette quantité considérable d'eau offre des opportunités importantes pour une éventuelle réutilisation, en particulier à des fins agricoles, étant donné que le secteur agricole a des besoins en eau particulièrement élevés.

Ces chiffres mettent en évidence le potentiel de la réutilisation des eaux épurées pour répondre aux besoins en eau de l'agriculture et contribuer à une gestion plus durable des ressources en eau dans le pays. La réutilisation des eaux usées représente une opportunité précieuse pour réduire la pression sur les ressources en eau douce et promouvoir une utilisation responsable et efficace de cette ressource vitale. [21]

Les tableaux suivants mettent en évidence des débits journaliers et mensuels considérables qui offrent un fort potentiel de réutilisation en irrigation dans la majorité des wilayas en Algérie. Ces chiffres témoignent de l'existence d'une précieuse ressource en eau que nous devons exploiter, faisant de cette ressource un véritable trésor bleu à valoriser. [13]

Tableau I.2 : Répartition des débits des EUT Par zone (ONA, 2019)

Répartition par zone des volumes des eaux usées traitées

Zone et DA	Nombre de STEP	Débit nominal des STEP (m ³ /j)	Débit journalier des eaux Brutes (m ³ /j)	Volume mensuel des eaux Brutes (m ³ /mois)	Taux d'utilisation des capacités installées (%)
Oran	44	253 066	172 550	5 349 059	68
Tizi Ouzou	15	110 046	41 681	1 292 108	38
Sétif	11	230 347	55 492	1 720 264	24
Annaba	10	159 370	57 703	1 788 805	36
Chlef	5	58 304	16 203	502 298	28
Constantine	7	140 417	34 633	1 073 627	25
Batna	13	83 320	24 822	769 491	30
Tiaret	5	73 560	46 557	1 443 253	63
Saida	16	95 372	42 179	1 307 540	44
Alger	5	52 500	22 891	709 621	44
Tamanrasset	3	20 700	20 238	627 382	98
Laghouat	8	137 284	57 897	1 794 813	42
Béchar	2	12 200	4 760	147 545	39
D-A El Oued	4	76 799	39 964	1 238 875	52
D-Touggourt	2	9 375	8 167	253 170	87
D-A Ouargla	3	59 507	35 495	1 100 333	60
TOTAL ONA	153	1 572 167	681 232	21 118 183	43

Tableau I.3 : Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie, (ONA, 2019)

4- RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉES

Zone/ D.A	Unité	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m ³ /j)	Volume mensuel épuré (m ³)	Volume mensuel réutilisé (m ³)	Domaine Agricole (ha)	Type de culture	Utilisateurs (Concessionnaire)
Alger	Boumerdes	Station d'épuration à boues activées de Boumerdes	75 000	15 000	358 060	/	Flici : 49	Pépinière d'oranger et vignes	M. Flici
							Rahmoun : 76		M. Rahmoun
El Oued		Station de lagunage aéré de Kouinine (El Oued)	239 134	44 335	891 596	19 200	15	Arbres (Eucalyptus et kazarina)	ONA
Annaba	Guelma	Station d'épuration à boues activées de Guelma	200 000	32 000	367 815	367 815	Guelma, Boumahra et Bouchegouf : 6 980	Vergers	contribution à l'irrigation du périmètre géré par O.N.I.D
	Souk Ahras	Station d'épuration à boues activées de Souk Ahras	150 000	30 000	11 594	11 594	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte (Apport à Oued Medjerda)
Oran	Tlemcen	Station d'épuration à boues activées de Tlemcen	150 000	30 000	788 451	189 000	Plaine de Hennaya : 912,22	Arboriculture	O.N.I.D
	Mascara	Station d'épuration à boues activées de Mascara	100 000	13 000	242 440	242 440	El-kouaer : 400	Oliviers+ culture céréalière + agrumes	Associations agriculteurs
		Station de lagunage aéré de Ghriss	48 000	5 800	17 624	17 624	Ghriss : 420		
		Station de lagunage aéré de Bouhanifia	32 500	3 900	42 213	42 213	475		
		Station de lagunage aéré de Hacine	20 000	3 200	7 311	7 311	390		
		Station de lagunage naturel d'Oued Taria	21 000	2 520	19 106	19 106	196		
		Station de lagunage naturel de Tizi	12 000	1 440	9 046	9 046	200		
		Station de lagunage naturel de Mohammadia Est	19 000	2 280	/	/	El-habra : 175		
		Station de lagunage naturel de Forha	9 400	1 128	7 820	7 820	Ghriss : 182		
	Station de lagunage naturel Khalouia	6 321	949	29 047	29 047	182			
Ain Témouchent	Station d'épuration à boues activées d'Ain Témouchent	72 800	10 920	314 492	0	135	Arboriculture	Autorisation DRE	
Saïda	Saïda	Station d'épuration à boues activées d'Ain El Hadjar	30 000	4 800	100 926	20 000	Oued Meknes : 58		Arboriculture, Céréales
Total des 16 STEP			1 185 155	201 272	3 207 540	982 216	11 045 ha		

I.5 Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées

Selon une approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation (2008), il est avéré que le mètre cube d'eau utilisé dans l'industrie ou le secteur des services est 200 fois plus rentable que lorsqu'il est utilisé en agriculture. Cela souligne que pour maximiser les bénéfices de cette ressource, il est préférable de l'affecter aux secteurs où elle sera le plus économiquement avantageuse. [13] Ainsi, en considérant les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées, il est essentiel d'évaluer soigneusement les opportunités de rendement économique dans chaque domaine d'utilisation [22].

La réutilisation des eaux usées domestiques pour l'irrigation présente des avantages économiques, sociaux et environnementaux, surtout dans les centres urbains en pleine croissance qui consomment de plus en plus d'eau potable et génèrent davantage d'eaux usées. Un exemple concret démontre comment les eaux usées d'une ville de 500 000 habitants ont permis d'irriguer 6000 hectares de

terres agricoles, en enrichissant le sol avec des nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphate et la potasse contenus dans les eaux usées [22].

D'autres avantages identifiés par des spécialistes incluent la réutilisation de l'eau deux ou trois fois avant son rejet dans le milieu naturel, une économie par rapport au dessalement de l'eau de mer, la réduction des déchets, une économie d'énergie liée au pompage et au transport de l'eau, et la possibilité d'éviter les coûts d'élimination des nutriments contenus dans les eaux usées [20]. La réutilisation des eaux usées permet également de réduire ou d'éliminer l'utilisation d'engrais chimiques en irrigation, d'améliorer l'environnement avec la création d'espaces verts, et d'augmenter la productivité et la qualité des cultures grâce aux nutriments présents dans l'eau d'irrigation.

Cependant, il est essentiel de prendre en compte les inconvénients liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture. Certains risques sanitaires peuvent être associés à la présence de germes dans les eaux usées traitées, tant pour les travailleurs que pour les consommateurs. De plus, la salinité élevée de l'eau usée peut avoir des effets négatifs sur le sol et les plantes, entraînant une baisse de la production végétale et des problèmes de stérilité des sols par accumulation de sel [13]. Le contrôle rigoureux et permanent des eaux réutilisées est également un défi, nécessitant des moyens importants en termes de techniques et de ressources humaines, notamment dans les régions arides et semi-arides où la gestion de l'eau peut être complexe en raison du nombre d'intervenants à différents niveaux du processus de réutilisation.

En somme, la réutilisation des eaux usées en agriculture offre des avantages significatifs, mais elle nécessite une gestion soignée et des mesures adéquates pour faire face aux risques potentiels associés à cette pratique [23]. Avec une approche bien planifiée et des contrôles appropriés, la réutilisation des eaux usées peut jouer un rôle crucial dans la préservation des ressources en eau et la promotion d'une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement.

La récupération et la réutilisation de l'eau usée se sont avérées être une option réaliste pour faire face au déficit en eau et répondre à la demande croissante en cette ressource vitale. En plus de répondre à ces besoins en eau, cette approche permet également de se conformer aux réglementations concernant le rejet des eaux usées, contribuant ainsi à la protection de l'environnement et de la santé publique [22].

D'un point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation apparaissent comme la solution la plus concrète. Cela permet de valoriser cette ressource précieuse plutôt que de la considérer comme un déchet, tout en contribuant à réduire la pression sur les ressources en eau douce. En optant pour cette approche, nous nous engageons vers une gestion plus durable de l'eau et une meilleure préservation de notre environnement pour les générations futures.

I.6 Cadre réglementaire

Dans le domaine de la gestion des eaux usées épurées, un ensemble de mesures juridiques a été mis en place pour assurer la protection des utilisateurs et des gestionnaires. Dans le souci de préserver l'environnement aquatique, l'eau traitée doit se conformer à des normes de rejet strictes, détaillées dans le tableau suivant. Ces normes sont établies afin de garantir le respect des critères de qualité pour l'utilisation des eaux épurées et de minimiser les risques potentiels de contamination associés à ces eaux traitées. La mise en place d'un tel arsenal juridique vise à assurer une gestion responsable et sûre des eaux usées épurées, préservant ainsi la santé publique et l'intégrité des écosystèmes aquatiques.

Tableau I.4 : Normes de rejet des eaux usées dans le milieu naturel (OMS)

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100ML

Source : ANRH (ALGER)

Tableau I.5 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO *(1985)	OMS **(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4 *		6,5-8,5
CE	ds/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée > 3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O ₂ / l	< 40 **		90
DBO ₅	mg O ₂ / l	<10 **		30
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **		30
NO ₂ ⁻	mg/l	< 1 **		Non disponible
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2 **		Non disponible
PO ₄ ³⁻	mg/l	< 0,94 **		Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction		Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **		Non disponible
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **		Non disponible

Les cultures autorisées :

Un arrêté interministériel a été mis en place pour réguler l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation. Cet arrêté, daté du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012, établit une liste des cultures autorisées à être irriguées avec des eaux usées épurées. Cette réglementation a été promulguée conjointement par les ministères en charge des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé [21].

Selon cette réglementation, les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent cultiver que les cultures spécifiquement mentionnées dans la liste établie. Cela signifie que seules les cultures figurant sur cette liste sont autorisées à être irriguées avec les eaux usées épurées, et aucune autre culture ne peut être cultivée sur ces parcelles dans ce contexte. Cette mesure vise à assurer une utilisation appropriée et sécurisée des eaux usées épurées en agriculture, en évitant tout risque potentiel pour la santé publique et l'environnement.

Tableau I.6 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux épurées (JORA 2012)

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(**) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

I.7 Sensibilisation et acceptation sociale

L'acceptation du public concernant les produits agricoles cultivés à partir d'eau usée traitée est généralement défavorable, principalement en raison de préoccupations liées à l'hygiène et à la santé. Les inquiétudes concernant la qualité de l'eau et le manque de confiance dans les contrôles publics renforcent cette perception négative. De plus, il existe une répulsion naturelle envers les

aliments qui ont pu être en contact avec des excréments humains, ce qui contribue à la méfiance du public envers cette pratique.

Cette perception négative a un impact sur les agriculteurs qui peinent à vendre leurs récoltes, même si elles répondent aux critères de qualité requis. En conséquence, les agriculteurs sont réticents à utiliser les eaux usées pour l'irrigation de leurs cultures.

Pour réussir la réutilisation des eaux usées traitées, il est essentiel de sensibiliser le public et de gagner sa confiance. Des sessions d'information complètes sur tous les aspects de cette pratique, notamment les avantages environnementaux et économiques importants, ainsi que les mesures de précaution à prendre pour assurer la fiabilité et la salubrité de la réutilisation des eaux usées traitées, sont nécessaires. Ces actions de sensibilisation contribueront à renforcer l'acceptation sociale de la réutilisation des eaux usées et à créer un environnement favorable à cette pratique.

I.8 Conclusion

En somme, l'eau est cruciale pour la vie sur Terre, mais elle est sous pression due à la croissance démographique, à l'urbanisation et aux changements climatiques. La réutilisation des eaux usées apparaît comme une solution prometteuse pour relever ces défis et assurer une gestion durable de cette ressource essentielle

Chapitre II

Chapitre II : Présentation du secteur d'étude

II.1 Introduction

L'emplacement et le secteur d'étude d'une station d'épuration sont des éléments essentiels dans la gestion des eaux usées et la préservation de l'environnement. Ce chapitre se penche sur le l'emplacement de la station d'épuration, en examinant les considérations stratégiques qui entrent en jeu. Nous explorerons également les données de base relatives aux charges polluantes, qui jouent un rôle indispensable dans la conception et l'efficacité du traitement des eaux usées.

II.2 Situation géographique de la commune de Bouinan

La commune de BOUINAN est située au cœur de la Mitidja (wilaya de Blida), région agricole par excellence.

Elle s'étend sur une superficie de 7309ha et se situe au centre de la plaine de la Mitidja à une quinzaine de kilomètre du chef-lieu de la Wilaya de Blida et à 35km au sud-ouest de la capitale Alger. 60% de sa superficie globale (4385ha) se trouve en montagne. Elle est limitée par les commune de :

- BOUFARIK et CHEBLI au nord.
- SOUMAA à l'ouest.
- HAMMAM MELOUANE à l'est.
- et l'ATLAS BLIDEEN au sud.

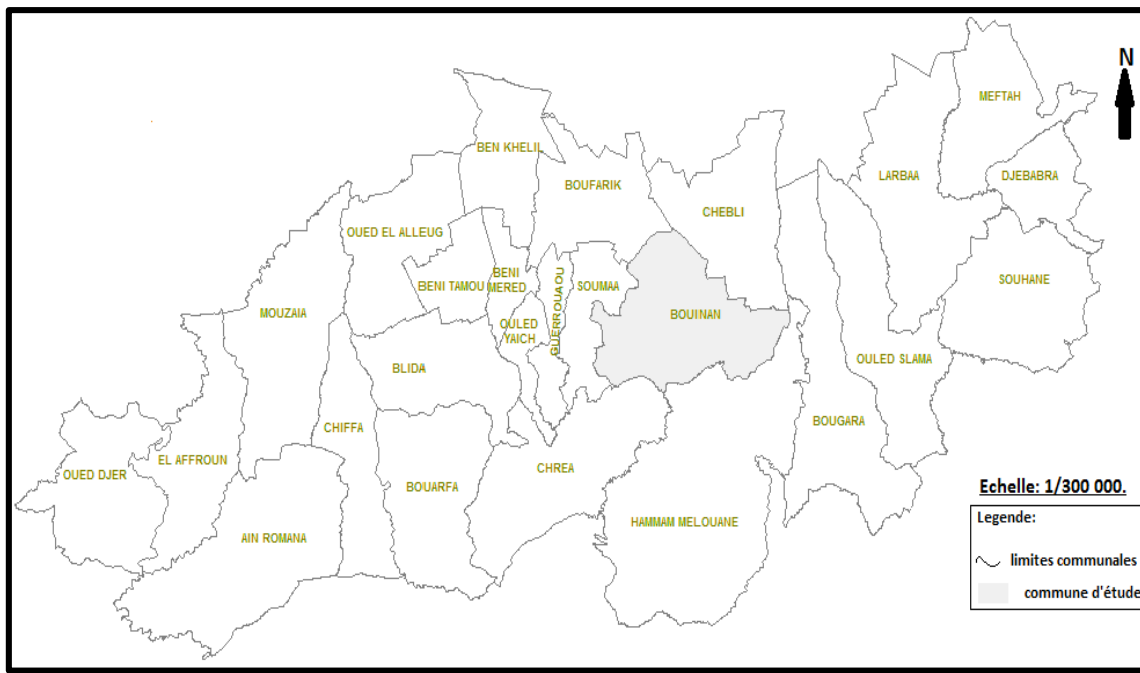


Figure II.1: Localisation géographique de la commune de Bouinan (ONA)

II.3 Topographie

L'étude de la topographie s'avère indispensable et joue un rôle important dans la conception du réseau d'assainissement, vu que l'évacuation des eaux s'effectue généralement gravitairement sauf dans certains cas où le relief exige un relevage.

La commune de Bouinan s'étend à partir de la plaine de la Mitidja jusqu'aux piémonts de l'Atlas Blidéen, à des altitudes variant entre 70 mètres du côté de la Mitidja à 1085 mètres d'altitude sur l'Atlas Blidéen.

La ville est principalement constituée de plaines, de reliefs bas et de montagnes.

II.4 Etude géotechnique du site

Le terrain approprié à l'aménagement a été classé en zone à partir de l'esquisse géotechnique élaborée sur la base des données suivantes :

- morphologie du site, formation géologique, réseaux hydrographiques et autres.

Zone A : Classe des terrains favorables à la construction

Cette classe est caractérisée par des terrains quaternaires caractérisés par une assise résistante et solide pour les différentes charges de construction. Le pliocène se présentant en petits îlots est constructible.

Lithologie : argiles, sables de gravier, marnes de grès

- pentes : 0% à 5%

- portance du sol : 2 à 6 bars

Zone B : Classe des terrains moyennement favorables à la construction

Cette classe est constituée par des grès micacés et le complexe de marnes grises est assez bon pour la construction, toute fois, s'il ne présente pas trop de dessiccation et d'altération. Ces terrains ne peuvent supporter les grands ouvrages sans une connaissance géotechnique approfondie.

- lithologie : argiles feuilletés à quartzites, marnes grises calcaires, grès

- pentes : 10% à 20%

- portance du sol : 2,5 à 10 bars

Zone C : Classe des terrains défavorables à la construction

Ce sont des terrains à caractères physiques et géotechniques présentant un relief très en pente et tétanisé (affecté par des déformations tel que les failles). Le gypse facilement dissoluble et les berges d'oueds qui sont des sols non garantis à la construction.

- pentes plus de 25%

En Conclusion :

Des études géotechniques in-situ sont impératives et indispensables avant la réalisation du futur système d'épuration de la ville nouvelle de Bouinan, et cela vue :

La morphologie du site.

L'hétérogénéité du sol.

La présence de faille et donc un risque sismique encore plus important.

II.5 La Géomorphologie/relief

Le site s'inscrit dans la Plaine de la Mitidja, une unité géomorphologique limitée au Nord par le Sahel, au sud par l'Atlas Blidéen et son piedmont.

Le Sahel est un bombement anticlinal dont l'altitude est modeste. Elle ne dépasse pas les 250 m pour une pente moyenne de 4.5%. C'est une ride que l'on suit depuis El Harrach à l'Oued Nador.

Les piedmonts de l'Atlas sont une zone de déjection qui résulte de l'érosion de l'Atlas Blidéen. Son altitude varie de 100 à 150 m.

L'Atlas Blidéen constitue la limite sud de la plaine de la Mitidja. C'est un massif montagneux NE-SW élevé, 1200 à 1600 m.

Cette Plaine de la Mitidja est une zone plane avec une pente qui avoisine les 2%. Ceci favorise l'infiltration des eaux là où les conditions géologiques le permettent.

Les altitudes de cette plaine varient de 40 à 50 m mais se relèvent régulièrement vers le Piémont de l'Atlas au Sud et vers le Sahel au Nord.

Cette unité géomorphologique est constituée par la juxtaposition de 4 sous bassins versants drainés du S vers le Nord par un réseau hydrographique.

II.6 Le Réseau hydrographique

Hydrologie

Le réseau hydrographique de la région d'étude est organisé en système exoréique, fortement hiérarchisé et très encaissant. La plupart des nombreux oueds de la région trouvent leurs sources au niveau de l'Atlas Blidéen.

Hydrogéologie

Elle se caractérise par la concentration des eaux au niveau de la plaine qui est formée de terrains variés perméables et imperméables favorisant la superposition de plusieurs aquifères dont les plus importants sont l'Astien et le réservoir quaternaire.

Les ressources superficielles

Le réseau hydrographique de la région est très dense ; cependant, c'est l'oued Mouhmer qui constitue l'intérêt pour le projet dont la mesure où il constitue le récepteur des eaux usées traitées de la STEP qui se jette dans l'oued El Harrach.

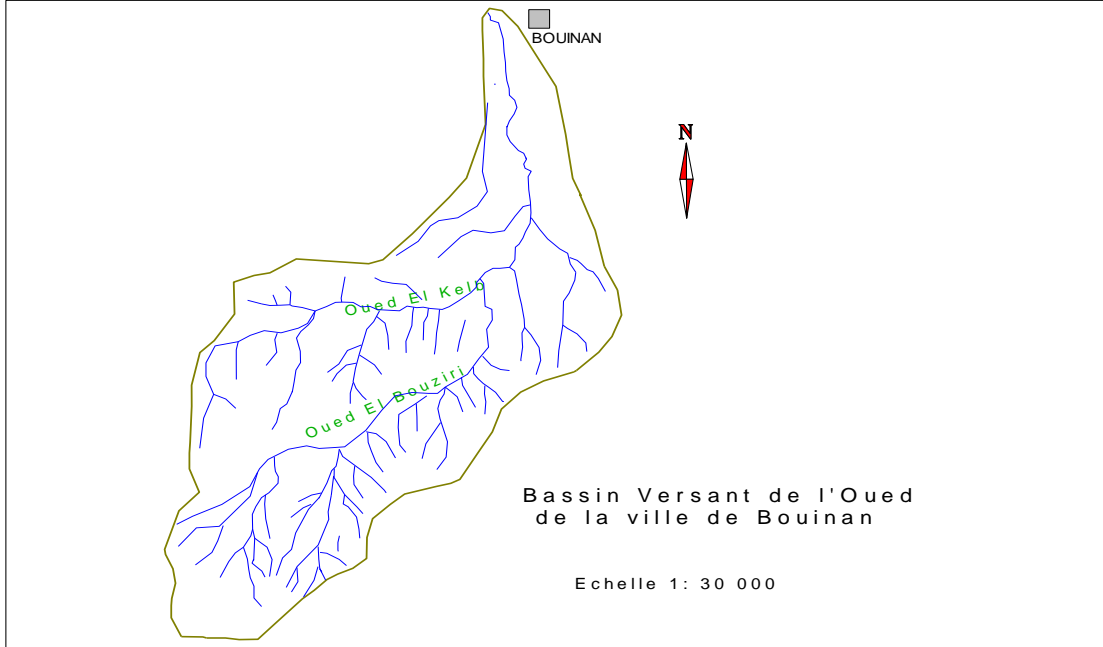


Figure II.2: Bassin versant de la ville de Bouinane

Les potentialités mobilisables en eau de surface sont estimées à 500 Hm^3 . Elles sont cependant très peu mobilisées en raison de la faiblesse des équipements de mobilisation. Les seuls équipements fonctionnels sont le barrage "El Moustakbel" de Bouroumi d'une capacité de mobilisation de 188 Hm^3 , mis en service en 1985 et 02 retenues collinaires d'une capacité totale atteignant les $1,250 \text{ Hm}^3/\text{an}$.

Il importe qu'à l'avenir, il faille axer les efforts pour une meilleure mobilisation des eaux de surface, malgré leurs faibles apports, en vue de diminuer le recours intensif à la nappe phréatique largement surexploitée.

Les ressources souterraines

Près de 73% de la superficie de la région sont formées par la nappe alluviale, ce qui dénote la prédominance des terrains à perméabilité élevée sur l'ensemble des communes.

Les ressources souterraines se situent essentiellement au niveau de la nappe phréatique du quaternaire, nappe importante évaluée à 200 Hm^3 et dont les potentialités réelles sont de 180 Hm^3 . Cette nappe est trop sollicitée en raison de la faiblesse des eaux de surface.

En matière d'eau potable, l'importance des centres urbains ainsi que la forte croissance démographique impliquent une forte mobilisation et consommation en eau.

Il en est de même des nombreuses terres agricoles dont est pourvue la Wilaya et qui sont grandes consommatrices d'eau.

Le tissu industriel de la Wilaya en pleine expansion est quant à lui, de plus en plus en quête de quantités d'eau plus importantes, ce qui atteste de l'ampleur des besoins annuels exprimés par ces trois secteurs, besoins, dont la satisfaction se fait essentiellement à partir de la nappe phréatique.

Les besoins en eau, exprimés en 2000 (tous secteurs confondus), sont estimés à 285,4 Hm³ dont seuls 47,3 % (135 Hm³) ont été satisfaits.

Cependant, au niveau de la zone du projet de la STEP, on ne répertorie que très peu d'activités industrielles.

Les ressources floristiques et faunistiques

En raison du manque d'étude sur la flore et la faune de la région et du manque de temps imparti à l'étude, un bilan très loin d'être exhaustif a été réalisé. Il faut noter cependant que les espèces recensées au niveau du site prévu, qu'elles soient floristiques ou faunistiques sont communes et ne présentent aucun intérêt particulier justifiant des investigations approfondies.

II.7 Etude climatologique

La pluviométrie importante dans l'Atlas est généralement supérieure à 600 mm par an en moyenne.

Le climat est de type méditerranéen contrasté avec une longue saison estivale, sèche et chaude et une saison hivernale pluvieuse et froide.

Pluviométrie

Le régime pluviométrique est représenté par une double irrégularité annuelle et inter-annuelle. Les précipitations les plus importantes s'étalent sur trois mois (Novembre, Décembre et Janvier), mois qui donnent environ 30 à 40% des précipitations annuelles. Inversement, les mois d'été (juin, août) sont presque toujours secs.

La pluviométrie moyenne varie de 700 à 800 mm/an.

Tableau II.1:Données pluviométriques (moyenne du 1993à2021)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Moyenne Mensuelle (mm)	105,58	82,2	74,9	79,7	56,6	8,54	1,54	8,7	33,5	54,13	114,5	98,1	718

Source : ANRH,2023

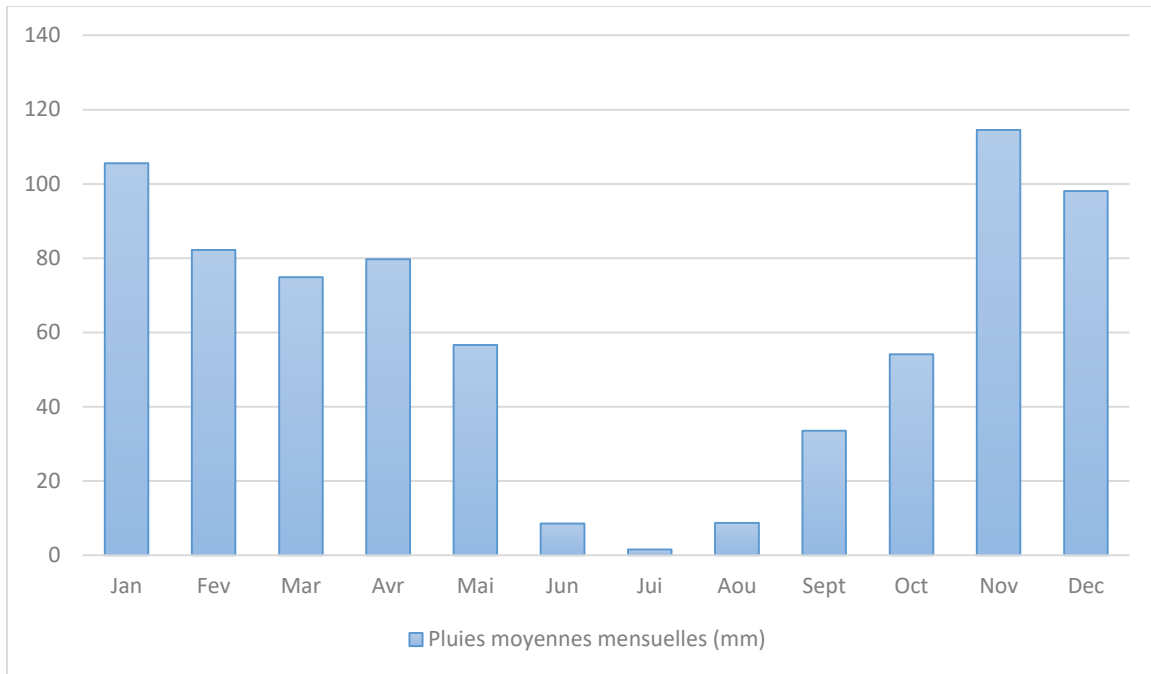


Figure II.3: Histogramme des pluies moyennes mensuelles

Température

C'est un des facteurs qu'il ne faut pas négliger puisqu'il est à la base de l'évapotranspiration des cultures et donc directement lié au calcul de leurs besoins en eaux.

Les températures extrêmes et moyennes mesurées dans la station de Soumaa sur une période d'observation de 16 ans (1996 à 2012) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : Température maximale moyenne mensuelle (moyenne des 20 dernières années)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmin(°C)	7,5	7,7	9,5	11,1	14,1	17,5	19,9	21,5	19,2	15	11,7	9	13,64
Tmax(°C)	15,2	16,7	19,7	20,8	24,8	28,9	32,8	33,6	30,2	24,7	19,8	16,7	23,66
Tmoy(°C)	11,3	12,2	14,6	15,9	19,4	23,2	26,3	27,5	24,7	19,8	15,7	12,8	18,65

Source : ANRH Blida

Avec :

$$T_{\text{moy}} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2}$$

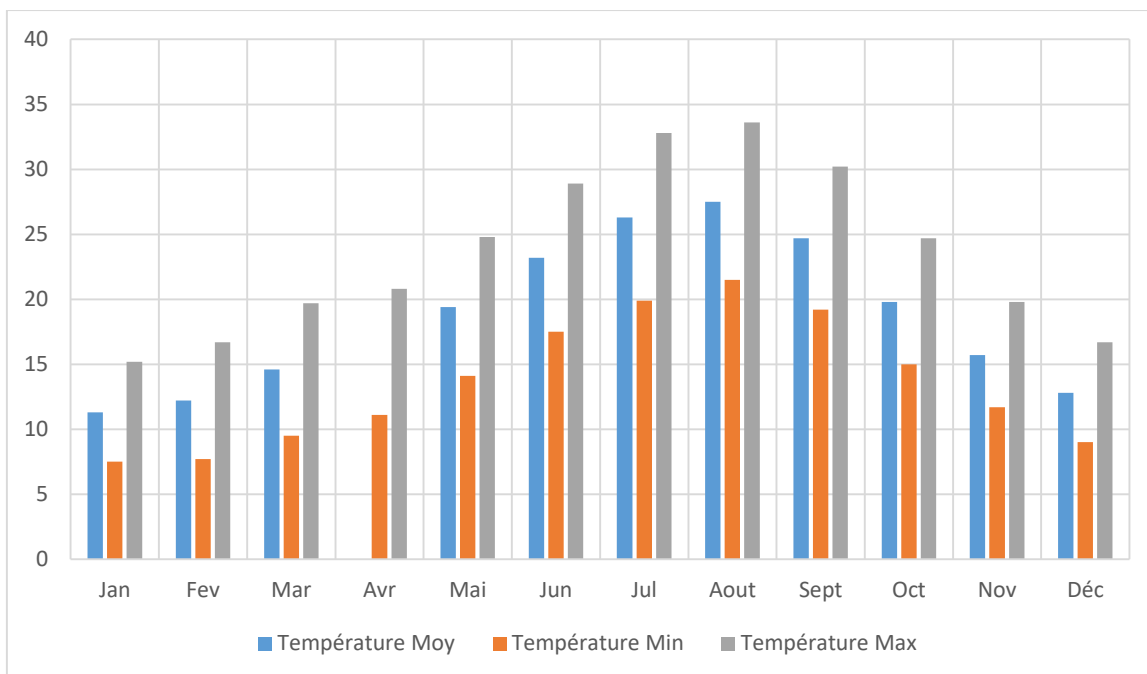


Figure II.4: Histogramme des températures moyennes et extrêmes

- La température maximale correspond au mois d'Août avec 27,5 °C, c'est le mois le plus chaud.
- La température minimale correspond au mois de Janvier avec 11,3°C, c'est le mois le plus froid.
- La température moyenne annuelle est de 18,65°C.

Vents

Le vent est un facteur destructif vu son influence directe sur les sols, la végétation et les autres facteurs telles que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix de type d'irrigation. (aspersion ou gravitaire) ainsi que dans l'élaboration du système de protection des périmètres (réseau de brise-vent). (Doorenbos.J.Prulte.W.O 1983).

Les vents proviennent des directions suivantes :

N = 1,0%	N.E = 15,6%	N.W=5.9%	S = 3,1%
S.E = 1,6%	S.W = 10,2%	W = 18,6%	E = 5,6%

Les vitesses moyennes mensuelles sur une période de 17 ans (1996 à 2013) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau II.3: Vitesses moyennes mensuelles des vents (17ans).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
V(m/s)	2.9	3.0	2.8	3.1	2.7	3.1	3.3	3.1	2.6	2.5	2.6	3.7

Source : ANRH (Blida)

La vitesse maximale est de 3,7 m/s, elle est observée au mois de Décembre.

La vitesse minimale est de 2,5m/s, elle est observée au mois d'Octobre.

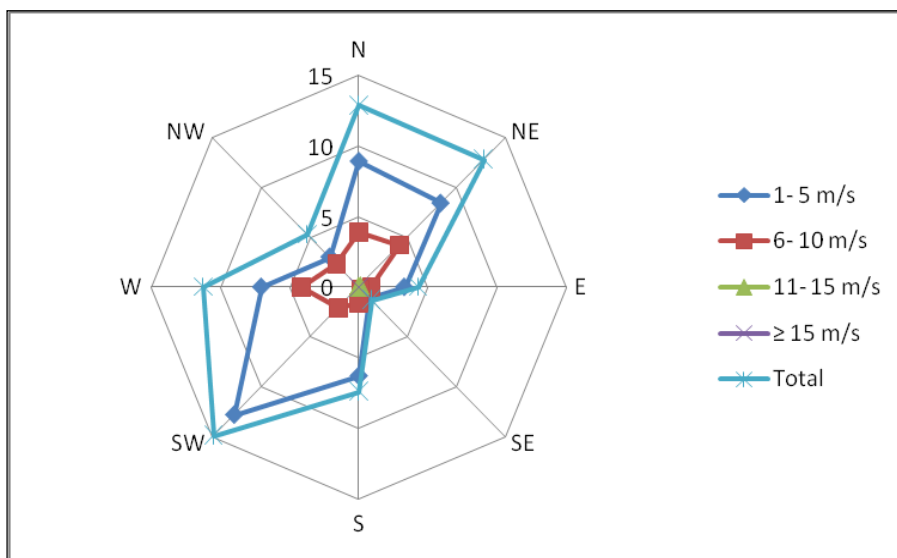


Figure II.5: Fréquence et orientation des vents à différentes vitesses.

Evaporation :

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air. (Doorenbos.J.Prulte.W.O1983).

L'évaporation moyenne mensuelle (mesurée à la station de Soumaa) sur une période de 16 ans (1996 à 2011) est représentée sur le tableau suivant :

Tableau II.4: L'évaporation moyenne mensuelle (16ans).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Evapo (mm)	59	54	72	88	104	135	157	154	118	97	77	63	1178

Source : ANRH Blida.

L'évaporation est maximale dans le mois de Juillet, elle atteint 157mm.

Insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol, Elle dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre. (Larousse)

Les valeurs de l'insolation moyenne mensuelle mesurée à Boufarik sur une période de 10 ans (2002 à 2011) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau II.5:Insolations moyennes mensuelles (10ans)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Insolation (heures)	4,43	6,00	7,09	7,65	9,66	10,12	11,29	10,58	9,29	7,07	5,32	4,09

Source : ONM

Humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal.

L'humidité relative moyenne mensuelle est représentée dans le tableau suivant :

Tableau II.6:Humidités relatives moyennes mensuelles (10ans)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Hr(%)	71	68	69	65	64	60	59	56	64	66	68	70	65

Source : ONM.

Le mois le plus humide est le mois de Janvier avec 71%.

Le mois le moins humide est le mois d'Août avec 56%.

Indices Agro-Météorologique :

Classification du climat selon l'indice de De Martone

C'est le degré de sécheresse du climat de la région.

Il est calculé par la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I_A : Indice climatique de Martonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Donc :

$$I_A = \frac{718}{18,65 + 10} = 25,06$$

Tableau II.7: Les limites de climat d'après l'indice de Martonne

Valeurs de IA	Type de climat	Irrigation
$IA \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < IA \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < IA \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$IA > 30$	Humide	Inutile

Résultats :

$20 < I_A \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « relativement humide » d'où l'irrigation est parfois utile.

Classification du climat selon le diagramme d'Emberger

Il permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger.

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en Kelvin.

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en Kelvin.

$$M = 273 + 33,6 = 306,6 \text{ K}$$

$$m = 273 + 7,5 = 280,5 \text{ K}$$

D'où :

$$Q = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2} = \frac{2000 \cdot 718}{306,6^2 - 280,5^2}$$

$$Q = 93,71$$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : subhumide.
- Sous étage : hiver doux.

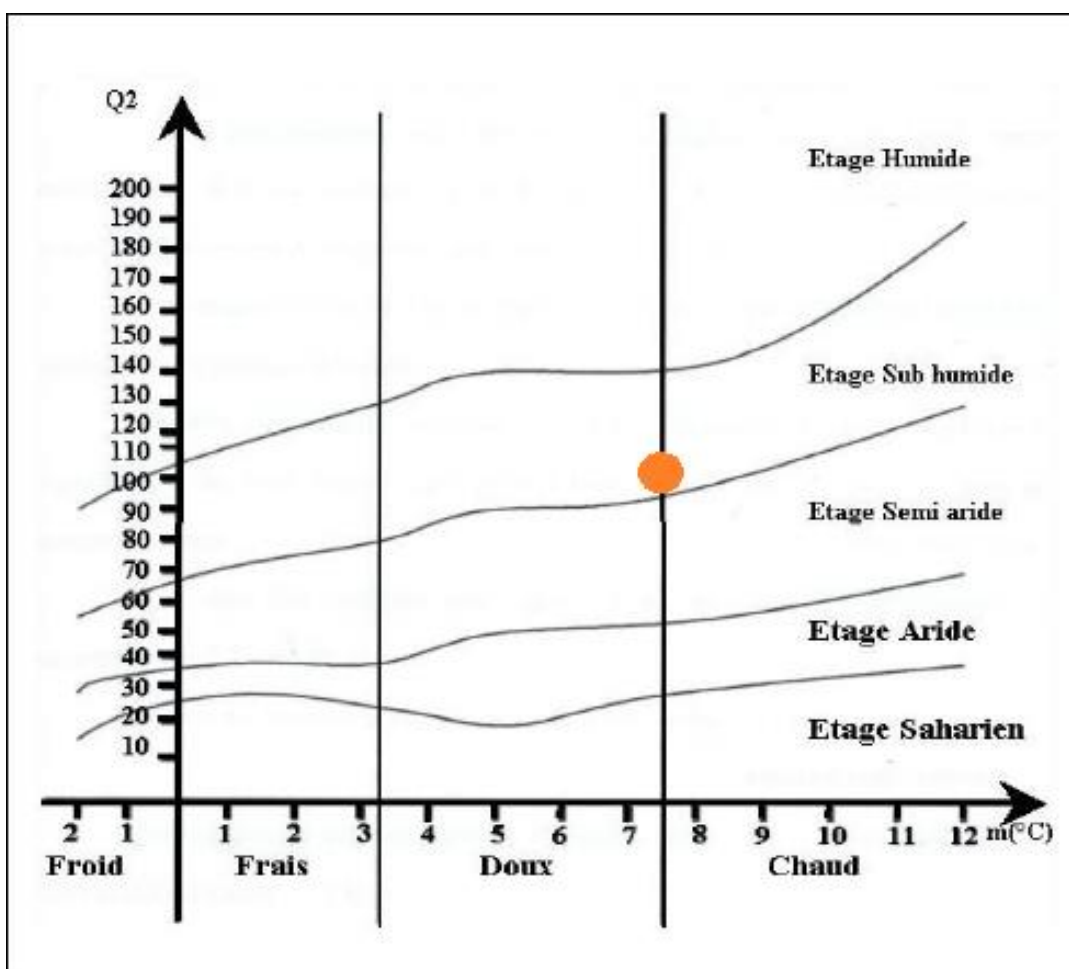


Figure II.6:diagramme d'emberger

Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson

Le Climatogramme de Gausson est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

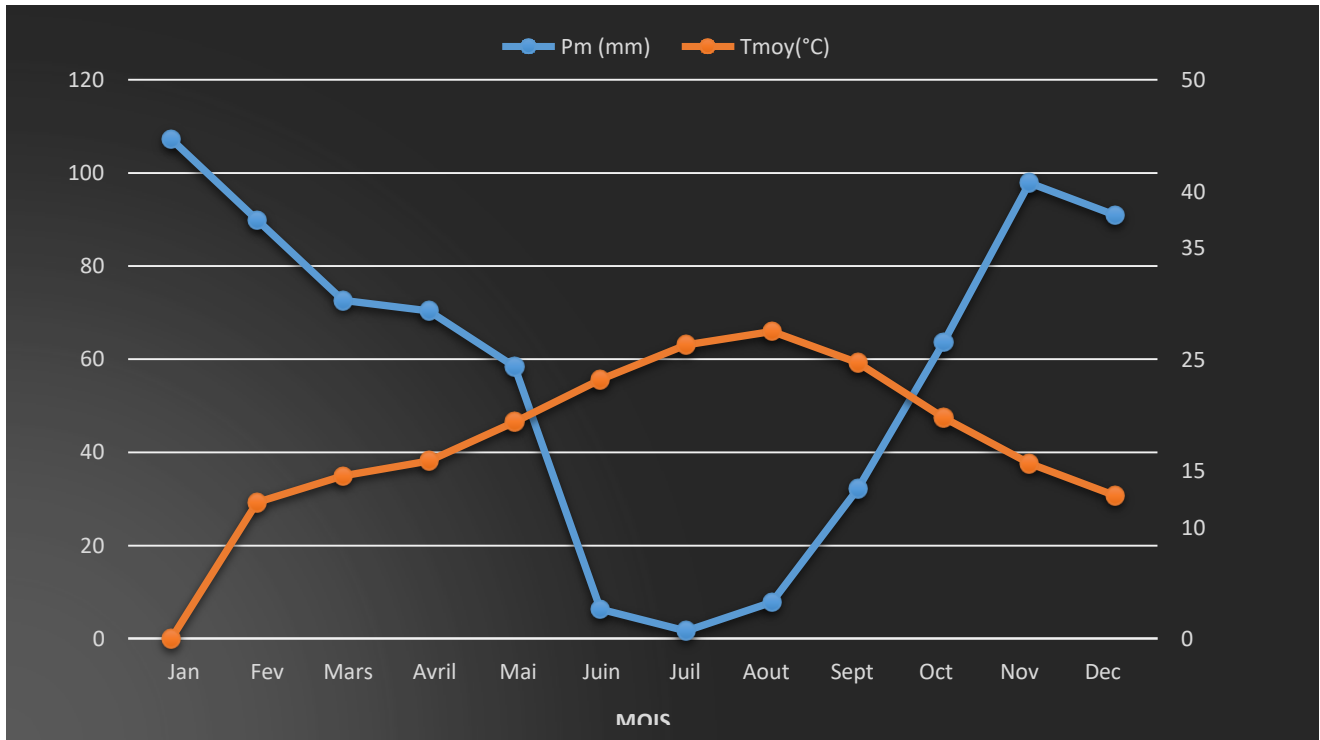


Figure II.7:Climatogramme de Gausson

Dans notre cas, la période sèche commence du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

II.9 La sismicité

La commune de Bouinan appartient à la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable (Zone III), car elle se situe au-dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen. Donc les études du génie civil doivent prendre en considération cette particularité.

II.10 Situation hydraulique (Alimentation en eaux potable et assainissement)

La localité de Bouinan est alimentée à partir de quatre forages, situés à environ 5km au nord de la ville. Les eaux souterraines sont refoulées vers le réservoir Bencherif qui a une capacité de 500 m³, la station de pompage de Maassouma refoulera à son tour les eaux produites via une conduite en amiante ciment de diamètre 300 mm, d'une longueur de 5000 ml vers le réservoir 1000m³ de Haouch Krott, Le centre de Bouinan sera desservi à partir de ce réservoir, la station de pompage de Haouch Krott refoulera à son tour vers un réservoir de 1000m³, par une conduite en acier de diamètre 200mm de longueur 1500ml ,le réservoir de 1000m³ alimentera la cité Chrea et Mellaha.

Le réseau d'assainissement de La commune de Bouinan est devisé en trois bassins versants :

- Bassin Ouest : prend en charge les eaux usées et pluviales de la zone Ouest (Amroussa), ce réseau est de type unitaire.

Les eaux usées et pluviales sont acheminées vers Oued Amroussa sans aucun prétraitement.

- Bassin Nord : prend en charge les eaux usées et pluviales de la zone Nord (centre-ville de Bouinan), ce réseau est de type unitaire

Les eaux usées et pluviales sont acheminées vers le collecteur de Maasouma, en période d'orage une partie des eaux usées est déversée vers Oued Klab.

- Bassin Est prend en charge les eaux usées et pluviales de la zone Est (Hassainia), ce réseau est de type unitaire.

Les eaux usées et pluviales sont acheminées vers oued Ben Charif puis vers oued Lakhal.

II.11 Le Réseau routier

Le principal axe orienté Est-Ouest est constitué par la route nationale n° 29, un autre axe aussi structurant (chemin de wilaya n° 116) permet la liaison de l'agglomération avec Boufarik.

La commune de Bouinan est dotée d'un réseau routier important (une route nationale et plusieurs chemins de wilaya), bien desservie, cela a fait d'elle une zone de transit.

II.12 L'activité Agricole

La surface agricole de la commune de Bouinan est de 1 516 ha soit 21.24% de la superficie totale de la commune.

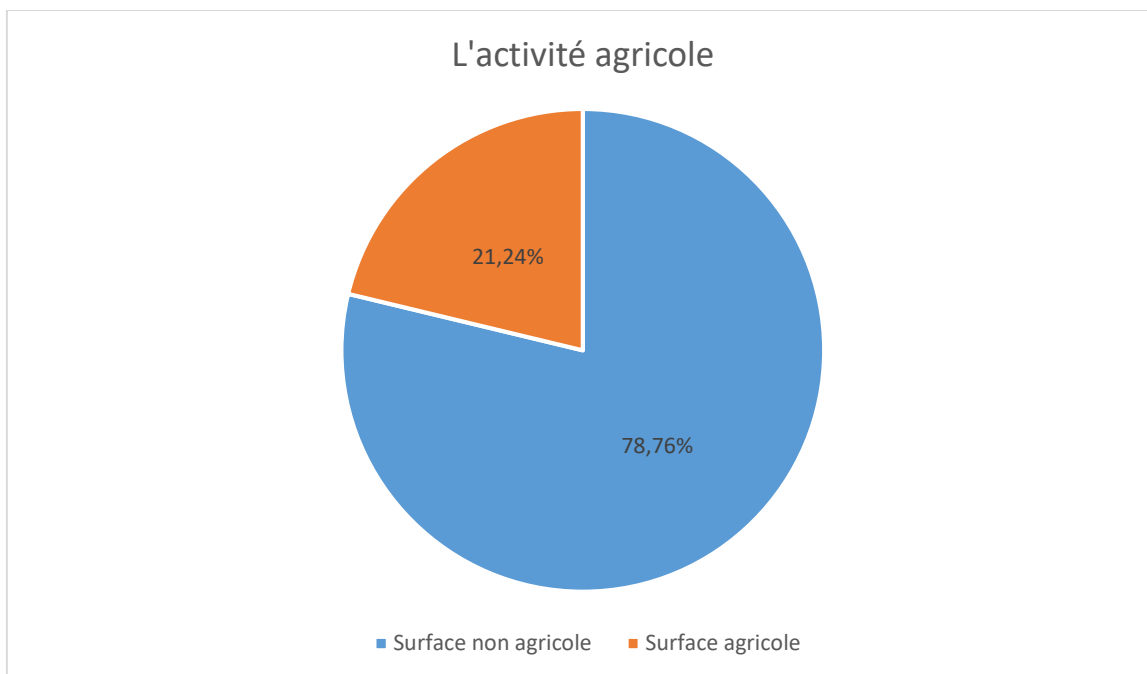


Figure II.8: Pourcentage des surfaces agricoles de la commune

II.13 L'activité industrielle

L'activité industrielle au niveau de la commune de Bouinan est prédominante, elle est matérialisée par l'existence de plusieurs unités à caractère industriel qui représente une véritable source d'emplois pour la population de la commune et même pour les populations des communes avoisinantes.

II.14 Données de base de la future station :

Les données de base d'une station d'épuration fournissent une vue d'ensemble essentielle de son emplacement, sources des eaux brutes, évacuation des eaux traitées, données sur les eaux usées.

II.14.1 Contexte et les avantages de la réalisation d'une station d'épuration

La mise en place d'une station d'épuration pour le traitement des eaux usées revêt une importance capitale dans le contexte actuel de préservation de l'environnement et de gestion responsable des ressources hydriques. Cette initiative découle d'une compréhension accrue des défis environnementaux et des impératifs de développement durable auxquels notre région est confrontée.

II.14.1.1 Contexte

Dans le contexte actuel de croissance urbaine et industrielle (Notamment l'existence de la nouvelle ville de Bouinan), la question de la gestion des eaux usées est devenue une préoccupation majeure. Les centres urbains génèrent des quantités considérables d'eaux usées contenant des polluants nocifs pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Face à cette réalité, la nécessité

d'adopter des solutions efficaces de traitement des eaux usées devient impérative pour maintenir l'intégrité de notre environnement.

II.14.1.2 Avantages de la réalisation d'une station d'épuration

La station d'épuration en cours de développement trouve sa raison d'être dans la volonté de répondre aux enjeux environnementaux et sanitaires actuels. Les principaux motifs qui sous-tendent ce projet sont les suivants :

- Intégration Durable du Nouvel Environnement Urbain

La création d'une nouvelle ville est l'occasion de mettre en place des infrastructures durables et de concevoir des systèmes de gestion modernes. La station d'épuration joue un rôle capital dans cet écosystème en assurant le traitement efficace des eaux usées, évitant ainsi la dégradation de l'environnement urbain.

- Préservation de la Santé Publique

Les eaux usées non traitées peuvent contenir des agents pathogènes et des substances toxiques qui représentent un risque pour la santé humaine. En traitant les eaux usées avant leur rejet, la station d'épuration jouera un rôle indispensable dans la prévention de la propagation de maladies et contribuera à garantir la sécurité sanitaire des populations environnantes.

- Utilisation Rationnelle des Ressources Hydriques

La réutilisation des eaux traitées dans le domaine agricole offre une opportunité précieuse pour optimiser l'utilisation des ressources hydriques. En offrant une source alternative d'irrigation, la station contribuera à réduire la pression sur les ressources en eau douce limitées, tout en apportant des éléments nutritifs bénéfiques aux cultures.

- Conformité aux Normes et Réglementations

La mise en place de la station d'épuration répond également aux normes environnementales et aux réglementations gouvernementales relatives au traitement des eaux usées. Elle témoigne de l'engagement envers la responsabilité sociale et la conformité aux exigences légales en matière de protection de l'environnement.

En somme, la création de cette station d'épuration est le résultat d'une approche proactive pour répondre aux enjeux environnementaux et sanitaires auxquels notre région est confrontée. Elle incarne une démarche stratégique visant à promouvoir la durabilité, la protection de l'environnement et la santé publique.

II.14.2 Emplacement de la station :

Le site alloué pour la construction des installations de la station d'épuration de la ville de Bouinan couvre une superficie de six (06) hectares et se situe au sein de la commune de Bouinan.

L'accès au site se fait par le biais d'une piste localisée au nord-ouest de la ville de Bouinan, à environ 03 kilomètres du centre-ville en empruntant la route en direction de Chebli (CW116). Le terrain est de nature plate et présente une topographie uniforme.

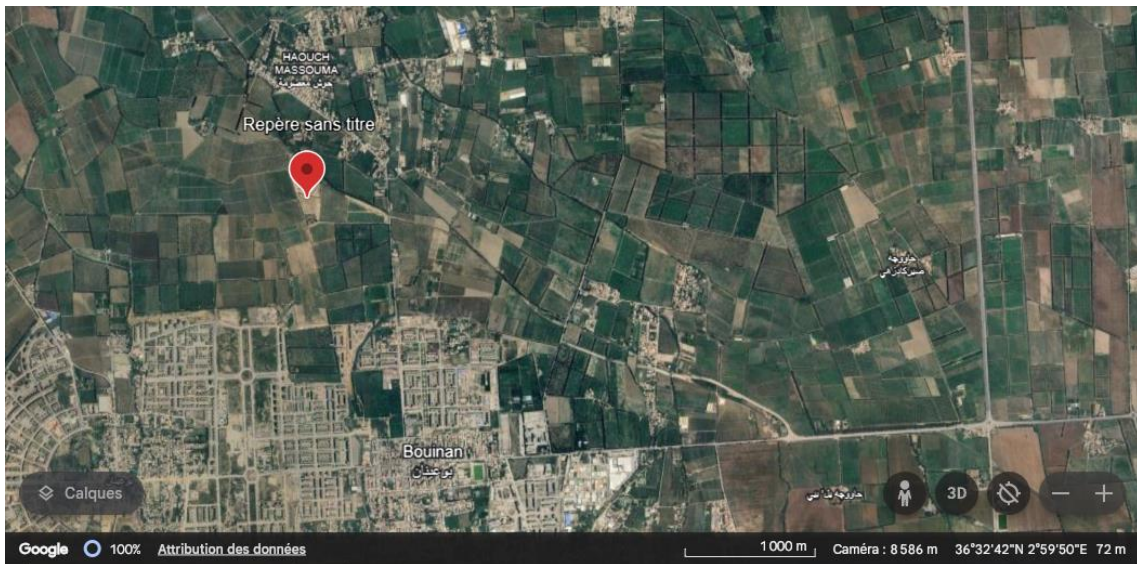


Figure II.9: emplacement du site de la station. source :google earth

II.14.3 Source des eaux brutes

La future station d'épuration de Bouinan est responsable du traitement des eaux usées urbaines issues de plusieurs sources, notamment la nouvelle ville de Bouinan, Amroussa, Sidi Serhane et la partie ancienne de la commune de Bouinan. Le réseau de collecte mis en place dans la ville fonctionne selon un modèle unitaire.

II.14.4 Évacuation des eaux traitées :

Une fois traitées au niveau du processus de traitement tertiaire, les eaux épurées seront dirigées vers Oued Klab, situé à une distance d'environ 1000 mètres.

II.14.5 Données de base des eaux usées :

Les données des eaux usées actuelles sont citées ci-dessous :

Tableau II.8:les paramètres de pollution actuelles(ONA)

Paramètres	Unités	2023
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	399 008
Volume journalier	m ³ /j	57 457
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	2394
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	3823.1
Débit de pointe temps de pluie	m ³ /h	5745.6
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/j	35 911
Charge journalière en DBO5	Kg/j	19 950.4
Charge journalière en MES	Kg/j	27 931
Charge en azote (NTK)	Kg/j	3990
Charge en Phosphore (P)	Kg/j	1995

II.15 Conclusion

En fin de compte, le secteur d'étude et le site d'implantation d'une station d'épuration sont des éléments clés pour garantir un traitement efficace des eaux usées et minimiser leur impact sur l'environnement. Comprendre les charges polluantes, ainsi que les caractéristiques géographiques et environnementales du site, est essentiel pour concevoir des solutions durables et respectueuses de notre précieuse ressource en eau. Ce chapitre nous rappelle l'importance de la planification minutieuse dans la gestion des eaux usées pour un avenir plus propre et plus sain.

Chapitre III

Chapitre III : Calcul des charges hydrauliques et polluantes

Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous explorerons les différents aspects liés aux charges polluantes, et les méthodes de calcul. De même, nous examinerons les charges hydrauliques en tenant compte des variations saisonnières et des caractéristiques locales. La précision de ces calculs revêt une importance capitale, car elle conditionne la capacité des stations d'épuration à éliminer efficacement les polluants et à répondre aux normes environnementales.

III.1 Estimation de la Population :

Le calcul de la croissance géométrique de la population s'effectue par la formule dite « Intérêts composés » qui suit :

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

Avec :

P_n : Population à l'horizon de calcul.

P_0 : Population de l'année de référence.

n : L'écart d'années entre les deux horizons.

T : Taux de croissance de la population $t=2\%$.

Les résultats des estimations de la population à différents horizons d'études sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 :POPULATION 2015-2053

Années	2015	2023	2030	2053
Population	261 961	306 929	352 565	555 960

III.2 Besoins en eaux potable :

Il est calculé par la formule :

$$Q_{\text{moyj}} = \frac{P \times D}{1000}$$

Tableau III.2 :Données de base et résultats

horizon	2023	2053
Population	306 929	555 960
Dotation (l/hab/j)	180	180
Q_{moyj} (m ³ /j)	55 247.22	100 072.8

Avec :

Q_{moyj} : Débit moyen journalier (m³ /j).

P : Nombre d'habitants.

D : Dotation théorique (l/hab/j) .

III.3.Debits rejetés

IV.3.1 Les eaux usées domestiques :

$$Q_{EUd} = Q_{moyj} \times K_r$$

Le débit moyen journalier représente à 80% de la consommation totale journalière.

K_r : coefficient de rejet 80%.

Tableau III.3 : Résultats de débit domestique

	2053
Q_{EUd} (m ³ /j)	80 058.24

III.3.2 Les eaux usées des équipements :

Pour un dimensionnement moyen, il faut estimer les débits d'équipement, pour le manque de données d'équipement, nous avons utilisé un taux de majoration de 30% des débits des eaux usées domestique selon la D.H.W.T.O.

$$Q_{EUeq} = Q_{EUd} \times 0.3$$

Tableau III.4 : Résultats du débit équipements

	2053
Q_{EUeq} (m ³ /j)	24 017.472

III.3.3 Débit rejeté Total :

$$Q_{EU-tot} = Q_{EU-dom} + Q_{EU-eq}$$

Tableau III.5 : Résultat du débit de rejets total

	2053
$Q_{EU-tot} (m^3/j)$	104 076

III.4 Equivalent habitant :

$$Eq_{hab} = \frac{Q_{EU-tot} \times 1000}{K_r \times Dot}$$

Q_{eu-tot} : Débits d'eau usée totale,

K_r : Coefficient de rejet,

Dot : Dotation théorique (l/j/ha), D = 180 l/hab/j.

Donc la capacité de la STEP de Bouinan projetée est de :

Tableau III.6 : Résultats des équivalents habitants

Horizon	2053
Equivalent habitant	667 154

III.5 Charge hydraulique :

III.5.1 Débit moyen journalier des eaux usées :

C'est le nouveau débit moyen journalier pour Eq/hab ($Q_{moy,j}$), soit le débit totale des eaux usées calculé précédemment.

$$Q_{EU\ moy/j} = \text{Débit rejeté total}$$

III.5.2 Débit moyen horaire ($Q_{moy\ h}$) :

Le débit moyen horaire par jour est le débit observé au cours de la journée, mesuré à l'arrivée de la station d'épuration, il est donné par la relation suivante :

$$Q_{moy/h} = \frac{Q_{EU\ moy/j}}{24}$$

Tableau III.7 :Débits moyen horaire

	2053
$Q_{moyh} (m^3/h)$	4336.5
$Q_{moyh} (l/s)$	1204.58333

III.5.3 Débit de pointe par temps sec (Q_{pts}) :

Débit de pointe par temps sec est donné par la formule suivante :

$$Q_{pts} = Q_{moy/h} \times C_p$$

Avec :

$$C_p \begin{cases} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy h}}} & \text{Si } Q_{moy h} \geq 3l/s \\ = 3 & \text{Si } Q_{moy h} < 3l/s \end{cases}$$

Alors :

Tableau III.8 :Débits de pointe temps sec

	2053
$Q_{moyh} (l/s)$	1204.6
C_p	1.572
$Q_{pts} (m^3/h)$	6817

III.5.4 Débit de pointe par temps de pluie « Q_{ptp} » :

Afin d'éviter une surcharge hydraulique dans le bassin d'orage implanté à l'amont de la station lors des précipitations, le bassin d'orages est dimensionné pour un débit maximal **q_{max}** correspondant à un débit de pointe par temps de pluie « Q_{ptp} », ce débit est le débit des eaux usées allons vers la station en temps de pluie, et se calcul par la relation suivante :

$$Q_{ptp} = \alpha Q_{moy/h}$$

Avec : α : Coefficient de dilution applicable est de 1 : 5, on prend 2.4.

Tableau III.9 :Débits de pointe temps de pointe

	2053
$Q_{pts} (m^3/h)$	6 817
$Q_{moyh} (m^3/h)$	4 337
$Q_{ptp} (m^3/h)$	10 408

III.6 Charge polluantes :

Tableau III.10 :les rations des charges polluantes en g/eqh/j

Paramètre	Ration (g/Eqh/j) (Charge spécifique)
DBO5	50
DCO	90
MES	70
NTK	10
P	5

III.6.1 Charges en DBO₅

Les charges en DBO₅ apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées à 50 g/h/j.

$$\text{Charge en DBO}_5 = N \times 50 \times 10^{-3}$$

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

En concentration (mg/l) :

$$[\text{DBO}_5] = \frac{\text{Charge en DBO}_5 \times 10^3}{\text{Débit moyen journalier}}$$

Tableau III.11 : charge en DBO5

DBO5	2053
Equivalent habitant	667 154
Q _{moy-j} (m ³ /j)	104 076
Charge polluante (kg/j)	33 358
Concentration (mg/l)	321

Rendement épuratoire :

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

Avec :

C_i : Concentration en DBO5 à l'entrée de la station .

C_f : Concentration en DBO5 à la sortie de la station.

D'où :

Tableau III.12 : rendement d'élimination

	2053
Rendement (%)	95.34

III.6.2 Charges en DCO :

Les charges en MES apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées à 90g/h/j.

$$\text{Charge en DCO} = N \times 90 \times 10^{-3}$$

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

En concentration (mg/l) :

$$[\text{DCO}] = \frac{\text{Charge en DCO} \times 10^3}{\text{Débit moyen journalier}}$$

Tableau III.13 : charges en DCO

DCO	2053
Equivalent habitant	667 154
$Q_{\text{moy-j}}$ (m ³ /j)	104 076
Charge polluante (kg/j)	60 098
Concentration (mg/l)	577.44

Rendement épuratoire :

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

Avec :

C_i : Concentration en DCO à l'entrée de la station.

C_f : Concentration en DCO à la sortie de la station (60mg/l) .

D'où :

Tableau III.14 : rendement

	2053
Rendement (%)	89.61

III.6.3 Charges en MES :

Les charges en MES apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées à 70g/h/j.

$$\text{Charge en MES} = N \times 70 \times 10^{-3}$$

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

En concentration (mg/l) :

$$[\text{MES}] = \frac{\text{Charge en MES} \times 10^3}{\text{Débit moyen journalier}}$$

Tableau III.15 : charges en MES

MES	2053
Equivalent habitant	667 154
Q _{moy-j} (m ³ /j)	104 076
Charge polluante (kg/j)	46 701
Concentration (mg/l)	448.72

Rendement épuratoire :

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

Avec :

C_i : Concentration en MES à l'entrée de la station.

C_f : Concentration en MES à la sortie de la station.

D'où :

Tableau III.16 : rendement épuratoire

Horizon	2053
Rendement (%)	97.77

III.6.4 Charges en Azote N :

Les charges en Azote N apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées à 10g/h/j.

$$\text{Charge en N} = N \times 10 \times 10^{-3}$$

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

En concentration (mg/l) :

$$[N] = \frac{\text{Charge en N} \times 10^3}{\text{Débit moyen journalier}}$$

Tableau III.17 : charges en azote

Azote	2053
Equivalent habitant	667 154
Q _{moy-j} (m ³ /j)	104 076
Charge polluante (kg/j)	6 671.54
Concentration (mg/l)	64.1

III.6.5 Charges en Phosphore P :

Les charges en Phosphore P apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées à 5g/h/j.

$$\text{Charge en P} = N \times 5 \times 10^{-3}$$

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

En concentration (mg/l) :

$$[P] = \frac{\text{Charge en P} \times 10^3}{\text{Débit moyen journalier}}$$

Tableau III.18 : charge en phosphore

P	2053
Equivalent habitant	667 154
Q _{moy-j} (m ³ /j)	104 076
Charge polluante (kg/j)	3335.77
Concentration (mg/l)	32.1

Conclusion :

En résumé, la quantification des charges polluantes et hydrauliques est une étape fondamentale dans la gestion responsable de l'eau et la préservation de l'environnement. Elle guide la conception de systèmes de traitement efficaces qui contribuent à la protection des ressources hydriques et à la qualité de vie des communautés.

Chapitre IV

Chapitre IV : Dimensionnement de la station

IV.1 Introduction

Le dimensionnement d'une station d'épuration revêt une importance capitale dans la conception et la planification d'un système de traitement des eaux usées efficace et respectueux de l'environnement. Il s'agit d'une étape qui vise à déterminer les dimensions, les capacités et les performances des différentes unités de traitement en fonction des caractéristiques spécifiques des eaux usées à traiter et des objectifs de qualité à atteindre. Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail les étapes et les considérations nécessaires pour réaliser un dimensionnement précis et fiable de la station d'épuration de la Commune de Bouinan.

IV.2 Données et paramètres de base :

Avant d'entamer le processus de dimensionnement de la station d'épuration, il est primordial de recueillir et d'analyser avec précision les données et paramètres fondamentaux liés aux caractéristiques des eaux usées à traiter. Cette étape constitue le socle sur lequel repose toute la méthodologie de conception que nous adoptons pour la réalisation de la station d'épuration.

Les principales données que nous avons rassemblées incluent les débits d'eaux usées à différents points d'entrée dans le réseau, les concentrations de polluants spécifiques tels que les matières en suspension, les matières organiques et les nutriments, ainsi que les variations saisonnières de ces paramètres. Ces informations fournissent une base solide pour évaluer la charge polluante globale que la station d'épuration doit traiter.

➤ **Rappel des données de base de dimensionnement :**

Tableau IV.1 :Rappel des données de base de dimensionnement

Paramètres	Unités	Horizon 2053
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	667 154
Volume journalier	m ³ /j	104 076
Débit moyen de temps sec (Débit moyen horaire)	m ³ /h	4 337
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	6 817
Débit de pointe temps de pluie	m ³ /h	10 408
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/j	60 098
Charge journalière en DBO5	Kg/j	33 358
Charge journalière en MES	Kg/j	46 701
Charge en azote (NTK)	Kg/j	6 672
Charge en phosphore P	Kg/j	3 336
Concentrations		
DCO	Mg/l	578
DBO5	Mg/l	321
MES	Mg/l	449
NTK	Mg/l	65
P	Mg/l	32

La qualité des eaux à l'effluent est également un paramètre essentiel à prendre en compte. Cela inclut les normes de qualité des eaux usées traitées fixées par les autorités réglementaires locales, ainsi que les objectifs spécifiques de qualité de l'effluent pour une éventuelle réutilisation en irrigation.

Tableau IV.2: Normes de réutilisation en irrigation

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO *(1985)	OMS **(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4 *		6,5-8,5
CE	ds/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée > 3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O ₂ / l	< 40 **		90
DBO ₅	mg O ₂ / l	<10 **		30
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **		30
NO ₂ ⁻	mg/l	< 1 **		Non disponible
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2 **		Non disponible
PO ₄ ³⁻	mg/l	< 0,94 **		Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction		Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **		Non disponible
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **		Non disponible

Coefficient de biodégradabilité :

Il est donné par le rapport :

$$k = \frac{DCO}{DBO_5}$$

Tableau IV.3/ Tableau récapitulatif et coefficient de biodégradabilité

	2053	
	C.P (kg/j)	C (mg/l)
DCO	60 098	578
DBO ₅	33 358	321
MES	46 701	449
Azote	6 672	65
Phosphore	3336	32
K(DCO/DBO ₅)	1.8	

Les résultats obtenus indiquent que le coefficient de biodégradabilité K des eaux rejetées à Bouinan est de 1,8. Cette constatation suggère que ces eaux présentent une quantité significative de matières organiques (M.O) facilement décomposables. Par conséquent, il est tout à fait approprié d'envisager un processus de traitement biologique à boue activée pour purifier ces eaux usées.

Interprétation sur la qualité d'eau :

Les matières en suspension MES :

Les teneurs en MES sont importantes, à la limite de la valeur maximale admissible, d'où la nécessité d'un traitement approprié.

Demande Biochimique en Oxygène DBO5 :

Les teneurs en DBO5 sont importantes, à la limite de la valeur maximale admissible, on constate la présence d'une eau usée urbaine chargée en matières organiques biodégradables.

La Demande Chimique en Oxygène DCO :

Les teneurs en DCO sont importantes, à la limite de la valeur maximale admissible, Cette valeur reflète celle d'une eau usée urbaine.

Azote KJELDAHL NTK :

La valeur de la NTK enregistrée dépasse moyennement les valeurs limites des eaux usées, cette valeur montre que l'eau rejetée est moyennement chargée en Azote KJELDAHL NTK.

Phosphore P :

Les teneurs en P sont moins importantes, à la limite de la valeur maximale admissible ces teneurs montrent que l'eau rejetée est moyennement chargée en phosphore.

IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station :

IV.3.1 Fosse à batards (pré-dessableur) :

➤ Calcul du Volume :

On a :

$$V_{FB} = Q_{max} \cdot T_{Rét}$$

Avec :

Q_{max} : Débit de pointe temps de pluie (m^3/h).

$T_{rét}$: Temps de rétention (h).

Comme le Temps de rétention à débit max > 30 secondes, nous proposons donc un temps de 50 secondes.

$$V_{FB} = 10408 \times \frac{50}{3600} = 145$$

➤ **Surface :**

$$S = \frac{Q_{max}}{V_{asc}}$$

Comme la charge superficielle est inférieure à $150 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, nous prenons donc une valeur de $145 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$.

$$S = \frac{6600}{145} = 72 \text{ m}^2$$

➤ **Hauteur :**

$$H = \frac{V_{FB}}{S}$$

$$H = \frac{175}{72} = 2 \text{ m}$$

➤ **Largeur :**

On suppose une longueur de 9m :

$$S = L.l$$

$$l = \frac{72}{9} = 8 \text{ m}$$

IV.3.2 Dégrillage :

Le dégrillage sert à éliminer les déchets grossiers qui peuvent causer des problèmes techniques aux ouvrages suivants, cet ouvrage comporte deux type : grossier et fin.

IV.3.2.1 Dégrillage grossier

Nous choisissons de poser 3+1 de grilles à nettoyage automatique avec un espacement entrefer de 40 mm et une épaisseur de 10mm.

Tableau IV.4:Données de bases de dimensionnement

Désignation	Unité	Horizon 2030	2053
Débit max admis par une seule grille	m ³ /h	2 200	3470
Type de grille	U	Droite à nettoyage automatique	Droite à nettoyage automatique
Nombre de grilles	U	4	4
Ecartement entre barreaux	Mm	8	8
Epaisseur minimale des barreaux	Mm	8	8
Vitesse de passage à travers la grille	m/s	0,7 - 1,0	0,7 - 1,0

➤ **Méthode Kirschmer :**

Cette méthode nous donne la largeur de grille par l'expression suivante :

$$L = \frac{S \cdot \sin \theta}{H(1 - a) \cdot C}$$

L : Largeur de la grille (m)

S : Surface de passage de l'effluent (m²)

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

H_{max} : Hauteur maximum admissible sur une grille, H_{max} = (0.15 à 1.5 m).

C : Coefficient de colmatage de la grille :

- Pour une grille manuelle, C = (0,1 à 0,3).

- Pour une grille mécanique, C = (0,4 à 0,5).

a : Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$a = \frac{d}{d + e}$$

d: Epaisseur des barreaux (mm).

e: Espacement des barreaux (mm).

$$a = \frac{10}{10 + 40} = \frac{1}{5} = 0.2$$

La surface de la grille est calculée comme suit :

$$S = \frac{Q_{gr}}{V_{Grille}}$$

Avec :

Q_{gr} : Débit de pointe admis par une seule grille (m^3/h).

V_{grille} : Vitesse de passage à travers la grille (0.5-1m/s)

Pour une vitesse de $V=1m/s$, on trouve :

$$S = \frac{3470/3600}{1} = 0.96m^2$$

Dans notre cas la grille est automatique donc on prend $C=0.5$.

On prend aussi les valeurs : $\theta = 60^\circ$ et $H_{max}=1m$, on trouve :

$$L=1.5m$$

➤ La longueur oblique (mouillée)

$$L_{oblique} = \frac{H}{\sin 60} = \frac{1}{\sin 60} = 1.5m$$

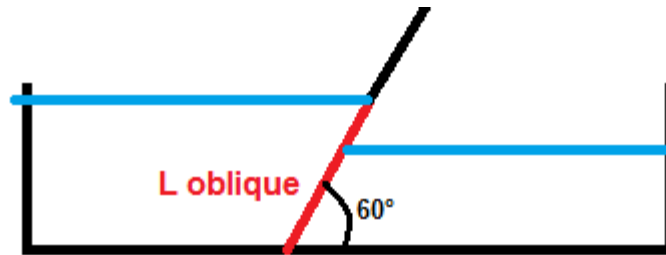


Figure IV.1:schéma d'un dégrilleur

IV.3.2.2 Dégrilleur fin

Nous choisissons de poser 3+1 de grilles à nettoyage automatique avec un espacement entrefer de 8 mm et une épaisseur de 8mm.

Tableau IV.5:Données de base de dimensionnement

Désignation	Unité	Horizon 2030	2053
Débit max admis par une seule grille	m ³ /h	2 200	3470
Type de grille	U	Droite à nettoyage automatique	Droite à nettoyage automatique
Nombre de grilles	U	4	4
Ecartement entre barreaux	Mm	8	8
Epaisseur minimale des barreaux	Mm	8	8
Vitesse de passage à travers la grille	m/s	0,7 - 1,0	0,7 - 1,0

➤ Méthode Kirschmer :

Tableau IV.6:résultats de la méthode kirschmer

Données 2053	Q(m ³ /s)	V(m/s)	H(m)	D(mm)	E(mm)	C	a	θ
Valeur	0.964	1	1.5	8	8	0.5	0.5	60°
La largeur (m)				2.5				

IV.3.2.3 Pertes de charge :

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirschmer :

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

d : diamètre des barreaux (m)

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

e : espacement entre les barreaux (m)

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

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

β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

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

➤ Dégrilleur Grossier : Barreaux rectangulaire

Tableau IV.7: résultats de perte de charge

Données	β	V(m/s)	g (9,81 m/s ²)	d(m)	e(m)	θ
Valeur	2.42	0.8	9.81	0.01	0.04	60°
Perte de charge (m)	0.01					

➤ Dégrilleur Grossier : Barreaux circulaire

Tableau IV.8: résultats de perte de charge

Données	β	V(m/s)	g (9,81 m/s ²)	d(m)	e(m)	θ
Valeur	1.79	0.8	9.81	0.01	0.04	60°
Perte de charge (m)	$7.9 * 10^{-3}$					

➤ Dégrilleur Fin : Barreaux rectangulaire

Tableau IV.9: résultats

Données	β	V(m/s)	g (9,81 m/s ²)	d(m)	e(m)	θ
Valeur	2.42	0.8	9.81	0.008	0.008	60°
Perte de charge (m)	0.068					

➤ Dégrilleur Fin : Barreaux circulaire

Tableau IV.10: résultats

Données	β	V(m/s)	g (9,81 m/s ²)	d(m)	e(m)	θ
Valeur	1.79	0.8	9.81	0.008	0.008	60°
Perte de charge (m)	0.05					

Tableau IV.11:récapitulatif des résultats

Type de barreaux	Rectangulaire	Circulaire
Dégrilleur grossier	0.01	7.9*10 ⁻³
Dégrilleur fin	0.068	0.05

Remarque : Le choix de la forme des barreaux se fait par rapport aux pertes de charges le plus faible, dans notre cas on opte pour les barreaux circulaires pour les deux grilles.

IV.3.2.4 Refus des grilles :

Le volume des débris retenus par la grille est en fonction de l'espacement entre les barreaux et la qualité des eaux à épurer. $V_{retenus}$ est exprimé en litres par équivalents habitants et par an, il est estimé à :

Tableau IV.12:données

$V_{retenus}$	Grille fine	Grille grossière
$V_{ret.min}$ (l/hab/an)	5	2
$V_{ret.max}$ (l/hab/an)	10	5

➤ **Volume retenu minimum :**

$$V_{min} = \frac{N * V_{ret.min} * 10^{-3}}{365} \dots \dots IV-1$$

➤ **Volume retenu maximal :**

$$V_{max} = \frac{N * V_{ret.max} * 10^{-3}}{365} \dots \dots IV-2$$

➤ **Volume moyen retenu :**

$$V_{moy} = \frac{V_{min} + V_{max}}{2} \dots \dots IV-3$$

$V_{ret.min}$: le volume minimum retenu par la grille par habitant.

$V_{ret.max}$: le volume maximum retenu par la grille par habitant.

N : Nombre d'équivalents habitants.

Tableau IV.13:résultats de calcul

2053 (667 154 eqh)	V_{min} (m ³ /j)	V_{max} (m ³ /j)	V_{moy} (m ³ /j)
Grilles grossiers	3.66	9.14	6.4
Grille fine	9.14	18.28	13.71

IV.3.3 Poste de relevage

Tableau IV.14:données de base

Désignation	Unités	Horizon 2053
Nombre des pompes en service	U	3
Nombre des pompes secours	U	1
Débit totale	m ³ /h	10 408
Le nombre de démarrages horaires	-	6
Surface minimale de la dalle de réception des pompes	m ²	4

➤ **Volume utile :**

Le dimensionnement de la bache de pompage est basé sur le volume utile (Vu) calculé par la formule :

$$V_u = \frac{Q_{ent(refoulé)}}{F.N.4} = \frac{10408}{6 * 3 * 4} = 145m^3$$

Avec :

F : Nombre maximal de démarrage par heure est fixé de 6 à 10 en fonction de la puissance de la pompe.

N : Nombre de pompes en service.

➤ **Surface utile :**

Elle est calculée à partir du volume utile et hauteur utile :

$$S_u = \frac{V_u}{H_u} = \frac{91.67}{2} = 72.5m^2$$

➤ **Surface totale :**

On rajoute la surface destinée au positionnement des pompes :

$$S_{Tot} = S_{ut} + 5 = 77.5m^2$$

➤ **La largeur et longueur :**

$$S = L * l = 2l * l = 2l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{77.5}{2}} = 6\text{m}$$

$$L = l * 2 = 13\text{m}$$

➤ **La hauteur totale :**

En rajoutant une marge de sécurité à la hauteur utile on obtient :

$$H_{\text{Tot}} = 2 + 1 = 3\text{m}$$

➤ **Volume total :**

$$V_{\text{Tot}} = H_{\text{tot}} * S_{\text{Tot}} = 77.5 * 3 = 233\text{m}^3$$

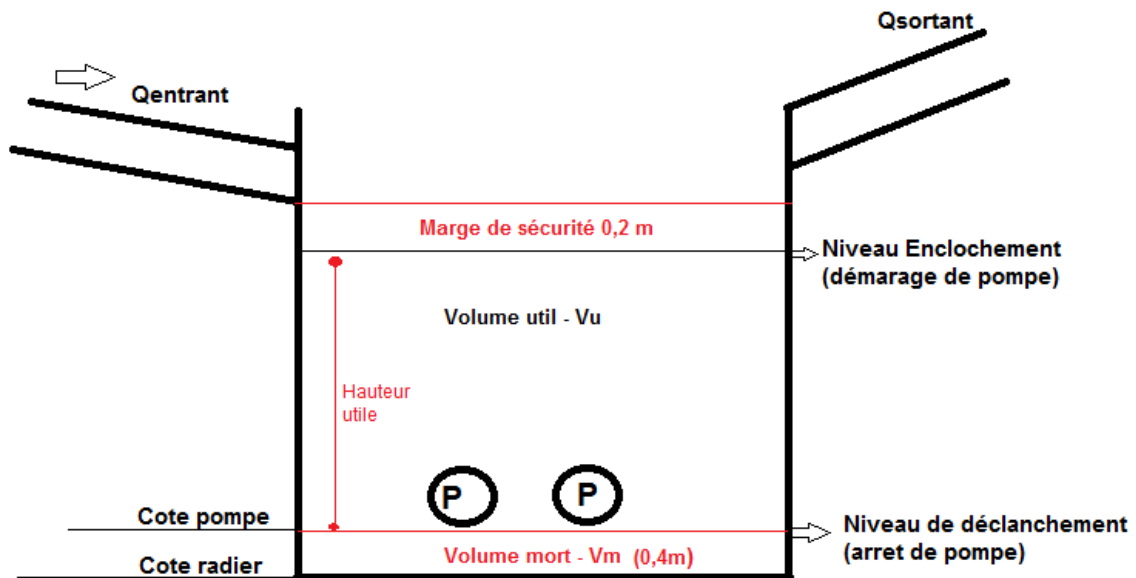


Figure IV.2:scéma de la station de relevage

IV.3.4 Dessablage – Déshuilage aéré

IV.3.4.1 Dimensionnement :

Tableau IV.15:données de base

Désignation	Unité	Horizon 2053
Débit max admis par ligne	m ³ /h	3470
Nombre d'ouvrage	U	1
Nombre de lignes	U	3
Temps de séjour mini au débit max admis	Min	6
Charge hydraulique maxi au débit max admis	m ³ /m ² /h	25

➤ Volume :

Le volume du dessableur est donné par :

$$V = Q * T_s$$

Avec :

Q : Débit max admis par ligne (m³/h).

T_s :Temps de séjour au débit max admis (min).

➤ Surface horizontale :

Elle est calculée à partir de la vitesse et débit :

$$S_H = \frac{Q}{V_{asc}}$$

V_{asc} : Charge hydraulique maxi au débit max admis (m³/m²/h).

➤ La hauteur :

$$H = \frac{V}{S_H}$$

➤ La longueur :

On a $\frac{L}{H}$ varie entre 10 et 15, On prend $\frac{L}{H} = 10$:

$$\frac{L}{H} = 10 \rightarrow L = 10 * H$$

➤ **La largeur :**

$$S_H = \frac{Q}{V_{asc}} = L * l$$

$$l = \frac{S_H}{L}$$

On Vérifie les conditions de dimensionnement tel que :

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

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

$$\frac{L}{H} = \frac{165}{2.5} = 6.5$$

Pour $V_e = 0.3$ m/s :

$$\frac{V_e}{V_s} = \frac{0.3 * 3600}{25} = 43.2$$

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \text{ Condition vérifiée.}$$

Tableau IV.16:récapitulatif des résultats

Horizon	Unités	V_u (m ³)	S_h (m ²)	H(m)	L(m)	l (m)
2053	03	347	139	2.5	16,5	8,5

IV.3.4.2 Calcul du débit d'air à injecter :

Le processus du déshuilage nécessite une aération ascendante pour faciliter la flottation des graisses vers le haut du bassin.

$$Q_{air} = V_{air} * Q_{pp}$$

Q_{air} : Débit d'air à injecter dans le dessableur.

Q_{pp} : Débit de pointe par temps de pluie (m³/h).

V_{air} : volume d'air à injecter (m³/h). (Le débit d'air à injecter varie de 1 à 1,5 m³d'air/h/ m³d'eau à traiter)

Pour $V_{air} = 1.5$ m³d'air/h/ m³d'eau à traiter :

$$Q_{air} = 1.5 * 3470 = 5205 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.3.4.3 Volume des sables :

Ça varie entre 8 et 15 L/eq hab/an et représente 80% des matières minérales en Suspension.

Si on prend 12 L/eq hab/an on obtient :

$$V_{sable} = N_{eq} * \frac{12}{1000}$$

$$V_{sable} = 667154 * \frac{12}{1000}$$

$$V_{sable} = \mathbf{8006m^3/an}$$

Ça nous aide à déterminer les caractéristiques des pompes qui refoulent ce sable vers le classificateur.

IV.3.4.4 Détermination du volume des graisses :

La ration unitaire de ces derniers peut être obtenue d'après l'OIE (l'office international des eaux).

Après plusieurs études et calculs de différentes stations d'épurations, ils ont estimé une valeur de 16 g/eq hab/j.

$$V_{graisse} = \frac{16}{1000} * 667154 = 10675kg/j$$

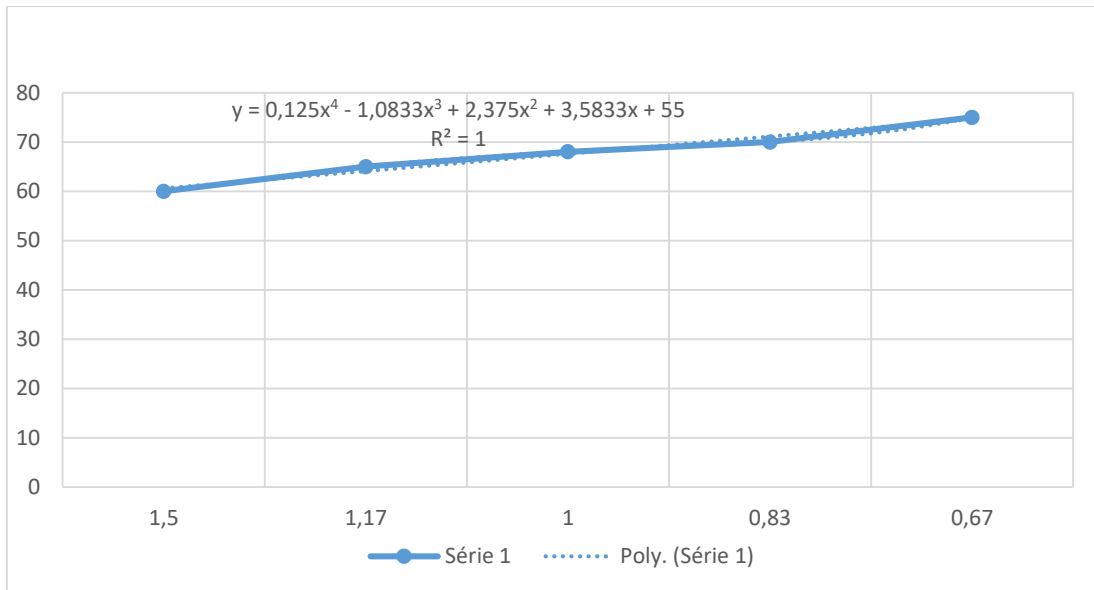
Ça se calcule par jour car ce n'est pas négligeable comme le sable.

IV.3.4.5 Quantité des matières éliminées :

Le dessableur élimine 80% de la matière minérale existant dans les eaux usées.

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 :

MES/DBO ₅	1.5	1.17	1	0.83	0.67
% MVS	60	65	68	70	75



Dans notre cas le rapport :

$$\frac{MES}{DBO5} = \frac{30000}{22800} = 1.31$$

On remplace dans la courbe on trouve % MVS = 61.7%

Alors :

$$MES = 61.7\% MVS + 38.3\% MM$$

Tableau IV.17:les charges polluantes restantes

Horizon	2053		
	Initiale	Éliminée	Finale
MES	46 701	14309.19	32391.81
MVS	28814.517	0	28814.517
MMS	17886.483	14309.19	3577.293

IV.3.5 Traitement biologique

Le traitement biologique de la situation 2053 sera réalisé sur quatre (04) lignes identiques en parallèle pour permettre le traitement d'un débit d'effluents de 6817 m³/h (débit de pointe de temps sec).

Le traitement biologique est du type « boues activées à faible charge » réparti sur quatre (04) filières de traitement identique isolables individuellement.

L'épuration biologique s'effectue conformément à l'ensemble classique suivant :

- Zone de contact.
- Zone d'anoxie.
- Bassin d'aération.
- Bassin de dégazage.

Rappel sur les caractéristiques de l'effluent admis au traitement biologique :

Tableau IV.18:rappel

Paramètres	Unités	Valeur 2053
Q_j	m ³ /jour	104 076
$Q_{\text{moy/h}}$	m ³ /h	4 337
DBO ₅	kg/jour	33 358
MES	kg/jour	46 701
Charge en azote (NTK)	kg/jour	6 672

IV.3.5.1 Zone de contact

La zone de contact est un ouvrage situé à l'amont du bassin d'aération. Comme son nom l'indique, son principe repose sur la mise en contact d'une partie de l'eau usée avec la boue activée. Cet ouvrage a un impact sur la dynamique des populations bactériennes, les bactéries filamenteuses ayant en général une vitesse de capture du substrat plus faible que les bactéries floculées.

Le Tableau rassemble les données nécessaires au dimensionnement la zone de contact.

Données nécessaires au dimensionnement la zone de contact :

Tableau IV.19:données de base

Données	Unités	Valeur 2053
Volume journalier	m ³ /jour	104 076
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	4 337
Débit pointe de temps sec	m ³ /h	6817
Débit de recirculation externe	m ³ /h	6817
Débit de retour	m ³ /h	500
Débit pointe de temps pluie	m ³ /h	10 408
Nombre d'ouvrage	-	2
Temps de passage maximum	Minute	10
	Heure	0.16

On cherche les dimensions de la zone de contact :

On a deux ouvrages ; donc :

$$\text{Débit passant par un ouvrage} = \frac{\text{Débit de pointe en temps sec} + \frac{1}{3}\text{Débit de recirculation} + \text{Débit de retour}}{\text{Nombre d'ouvrages}} \dots \text{IV-4}$$

$$\text{Débit passant par un ouvrage}_{2053} = 4795 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Le volume unitaire de la zone de contact :**

$$V_{zc} = Q_{zc} * T_p \dots \text{IV-5}$$

Q_{zc} : Débit passant par un ouvrage (m^3/h)

T_p : temps de passage maximum (h)

$$V_{zc} = 767.2 \text{ m}^3$$

➤ **Surface de la zone de contact :**

En supposant que la Hauteur est égale à 4.75 m, la surface de la zone de contact devient :

$$S_{zc} = \frac{V_{zc}}{H}$$

$$S_{zc} = 162 \text{ m}^2$$

➤ **La largeur et longueur:**

Comme la longueur L est égale à : $L = \frac{S_{zc}}{l}$ Nous proposons une longueur L = 18 m.

Donc la largeur aura pour valeur l = 9 m

Tableau IV.20:Résultats

Horizon	V_{un} (m^3)	S_{un} (m^2)	Nombre d'unités	H (m)	L (m)	l (m)
2053	767.2	162	2	4.75	18	9

IV.3.5.2 Bassin biologique :

Un réacteur biologique est un dispositif utilisé dans le traitement des eaux usées pour favoriser des réactions biologiques spécifiques, notamment la dégradation des matières organiques par des micro-organismes.

Tableau IV.21:données sur le type de bassin biologique

Type	Cv (kg DBO5/m ³ .j)	Cm (kg DBO5/kgMVS.j)	Temps de séjour (h)	Rendement DBO5 (%)
Très faible charge	< 0,3	< 0,1	> 20	> 90
Faible charge	0,3 – 0,7	0,1- 0,25	8 – 10	> 90
Moyenne charge	0,7 – 1,5	0,25- 0,50	4 – 6	85
Forte charge	1,5 – 3	0,5 – 1,5	2 – 4	70 – 80
Très forte charge	> 3	> 1,5	1	70

Taux d'abattement :

$$\eta = \frac{[DBO5]_i - [DBO5]_f}{[DBO5]_i}$$

$$\eta = \frac{[321]_i - [25]_f}{[321]_i} = 92\%$$

On remarque que R=92%, Donc on peut dire que le traitement par les boues activées sera à faible charge.

Contraintes biologiques du traitement :

Les conditions limites de fonctionnement en faible charge pour le dimensionnement des réacteurs biologiques sont les suivantes :

Charge massique maximale : ≤0,12 kg DBO5/kg MVS

Concentration maximale en MES : 4 - 4,5 g/L

Température min de l'eau : 14°C

Température max de l'eau : 30°C

➤ Charge massique :

La charge massique ou facteur de charge exprime le rapport entre la masse du substrat polluant et la DBO5 entrant quotidiennement et la masse de boues contenue dans les réacteurs il est exprimé en KG/DBO5/ KG de matière sèche par jour.

$$0.1 < C_m < 0.25 \text{ (kg DBO5 /kg MVS m}^3 \cdot \text{jour)}$$

On prendra : $C_m = 0,12 \text{ kg DBO5/kg MVS jour}$

➤ Calcul du volume du bassin biologique :

Le volume du bassin est déduit de la charge massique C_m :

$$V_{BB} = \frac{L_0}{C_m * X_t}$$

X_t : la concentration en biomasse dans le bassin, en [kgMS/m³ ou kgMVS/m³],

C_m : charge massique en (kgDBO₅ / kg MVS. j)

L_0 : la charge en DBO₅ à l'entrée de bassin d'aération en (kg DBO₅/j)

V : le volume du bassin en (m³)

$$MES = 61.7\% MVS + 38.3\% MM$$

$$[MVS] = 61.7\%[MES] = 0.617 * 4.5 = 2.8 \text{ g/l} = \mathbf{2.8 \text{ kgMVS/m}^3}$$

$$V_{BB} = \frac{33\ 358}{0.12 * 2.8}$$

$$V_{BB} = 98\ 926 \text{ m}^3$$

➤ Charge volumique :

Un certain poids de matière organique exprimé en DBO₅ (KG/j) doit être transféré dans un bassin réacteur aérobie de volume V (m³). La charge volumique comme étant le rapport de la pollution par unité de volume de bassin

$0,3 < C_v < 0,7$ (kg DBO₅/m³. j)

On peut la déduire d'après la formule suivante :

$$C_v = \frac{L_0}{V}$$

$$C_v = \frac{33358}{98926} = 0.34 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{j}$$

➤ Volume unitaire de chaque bassin :

$$V_u = \frac{V}{4}$$

$$V_u = \frac{98926}{4} = 24732 \text{ m}^3$$

➤ Surface horizontale de chaque bassin :

$$S_u = \frac{V_u}{H}$$

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

$$S_u = 6183\text{m}^2$$

Tableau IV.22:résultats

Horizon	C _m	C _v	V _{BB} (m ³)	S _{BB} (m ²)	L	l	H (m)	Nombre d'unités	V _{un} (m ³)	S _{un} (m ²)
2053	0.12	0.34	98 926	24 732	111	223	4	4	24 732	6183

➤ **Concentration de l'effluent en DBO5(S₀)**

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_{moyj}}$$

L₀ : Charge polluante à l'entrée du bassin L₀ = 33358 kg/j.

Q_{moyj} : Débit moyen journalier (m³/j).

$$S_{0/2053} = \mathbf{320.52 \text{ mg/l}}$$

➤ **La charge polluante à la sortie (S_f = 25mg/l)**

$$L_f = S_f * Q_{moyj}$$

Q_{moyj} : Débit moyen journalier (m³/j).

S_f : Concentration de l'effluent en DBO à la sortie. (Mg/l)

$$L_f = 25 * 10^{-3} * 104076$$

$$L_{f/2053} = \mathbf{2602 \text{ kgDBO5/j}}$$

➤ **La charge polluante éliminée :**

$$L_e = L_0 - L_f$$

$$L_{e/2053} = \mathbf{30\ 756 \text{ kgDBO5/j}}$$

Le rendement de l'épuration est donc :

$$\eta = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$$

$$\eta = \mathbf{92\%}$$

Tableau IV.23:résultats

Horizon	Charge initiale (kgDBO5/j)	Charge éliminée (kgDBO5/j)	Charge à la sortie (kgDBO5/j)	Rendement de l'épuration
2053	33 358	30 756	2 602	92%

- **La masse totale des boues dans le bassin :**

$$\chi_a = \frac{L_0}{C_m}$$

$$\chi_{a/2053} = \frac{33358}{0,12} = 277\ 983\text{Kg}$$

- **Concentration de boues dans le bassin :**

$$[\chi_a] = \frac{\chi_a}{V_B}$$

$$[\chi_a]_{2053} = \frac{277983}{98\ 926} = 2.81\ \text{kg/m}^3$$

IV.3.5.2.1 Zone d'anoxie :

Pour le traitement de l'azote, une zone d'anoxie est prévue, pour la dénitrification. Le volume est déterminé par la formule suivante :

$$V_{ax} = \frac{Q([\text{NTK}]_i - [\text{NTK}]_f)}{X \cdot \vartheta_{\text{dénitrification}}}$$

Avec :

Q : débit entrant (m³/h)

V_{ax} : Volume bassin d'anoxie (m³)

[NTK]_i : la concentration de l'azote à l'entrée (mg/l)

[NTK]_f : la concentration de l'azote à la sortie (mg/l)

X : concentration de la boue

V_{dénitrification} : vitesse de dénitrification (gNO₃/Kg MVS.h)

Pour les données suivantes :

Q (m ³ /h)	[NTK] _i (mg/l)	[NTK] _f (mg/l)	X (kg/m ³)	V _{dénitrification} [24]
6817	65	30	2.81	2.7

On trouve:

$$V_{anoxie} = 31448\ \text{m}^3$$

- **Calcul de la surface :**

Hauteur : entre 3 et 5m soit H = 4m :

$$S_{\text{anoxie}} = \frac{V_{\text{anoxie}}}{H}$$

$$S_{\text{anoxie}} = 7862 \text{ m}^2$$

➤ **La largeur :**

$$l = \sqrt{\frac{S}{2}} = 63$$

$$L = \frac{S}{l} = 125 \text{ m}$$

Tableau IV.24: Résultats

Horizon	$V_{\text{anoxie}} \text{ (m}^3\text{)}$	$S_{\text{anoxie}} \text{ (m}^2\text{)}$	H (m)	Long (m)	Larg (m)
2053	31448	7862	4	125	63

IV.3.5.2.2 Bassin d'aération :

➤ **Volume du bassin d'aération :**

$$V_{BA} = V_{BB} - V_{ax}$$

$$V_{BA} = 67478 \text{ m}^3$$

- Nous projetons 04 bassins de même volume :

$$V_U = V_{BB} / 4$$

$$V_U = 16870 \text{ m}^3$$

➤ **Hauteur du bassin d'aération :**

La hauteur du bassin d'aération varie entre 3 à 5 m, nous choisissons donc une hauteur 5m.

➤ **Surface horizontale S_h :**

$$S_{BA} = \frac{V_{BB}}{H}$$

$$S_{BA} = 13496 \text{ m}^2$$

- La surface unitaire de chaque bassin :

$$S_u = \frac{V_u}{H}$$

$$S_u = 3374 \text{ m}^2$$

➤ **La longueur et largeur :**

On prend $l=41\text{m}$ et on trouve $L=82\text{m}$.

➤ **Temps de séjour :**

$$T_s = \frac{V_{BA}}{Q_{moy}} = 15.5h$$

En temps sec :

$$T_s = \frac{V_{BA}}{Q_{pts}} = 10h$$

IV.3.5.3 Besoins en oxygène :

IV.3.5.3.1 Besoin Pour la dégradation de la pollution carbonée :

➤ **Besoin théorique :**

$$Q_{O_2} = a' * L_e + b' * X_a$$

Q_{O_2} : Besoin en oxygène (KgO_2 / j).

a' : Coefficient de consommation de l'oxygène lors de l'oxydation de la DBO5 donné en $\text{Kg O}_2 / \text{Kg MVS}$

$$a' = 0,5 * C_m^{-0,12} = 0.64 \quad (C_m=0.12)$$

b' : Coefficient d'endogène ($\text{Kg O}_2 / \text{Kg MVS}$) $b' = 0,13 * C_m^{0,16} = 0,09$

L_e : Quantité de DBO5 éliminée par jour

X_a : masse totale de la boue présente dans le bassin d'aération (kg)

➤ **Capacité d'oxygénation effective :**

En réalité, le transfert d'air atmosphérique vers l'eau épurée se trouve gênée par la présence dans les eaux usées des matières en suspension (MES) et d'agent tensio-actif. Le passage des conditions théoriques aux conditions réelles s'effectue à l'aide des coefficients correcteurs.

Les eaux entrantes à la STEP sont des eaux usées donc on prend le coefficient de transfert est global $C_T=0.5$.

$$Q_{O_2/\text{eff}} = \frac{Q_{O_2}}{C_T}$$

- **Quantité horaire d'O₂ nécessaire :**

$$Q_{O_2/h} = \frac{Q_{O_2}}{24}$$

- **Quantité d'O₂ nécessaire pour 1 m³ du bassin :**

$$Q_{O_2/m^3} = \frac{Q_{O_2}}{V}$$

Tableau IV.25: résultats

	Quantité O ₂ KgO ₂ /j	Quantité d'O ₂ effective KgO ₂ /j	Quantité d'O ₂ de pointe horaire KgO ₂ /h	Quantité d'O ₂ pour 1m ³ Kg/m ³ /j
2053	44 702	89 405	3 725.2	1.35

IV.3.5.3.2 Besoin pour la dégradation de la pollution azotée :

$$Q_{O_2} = a' L_e + 4.2 N_{Nit} + b' X_t - N_{dénitri}$$

$$Q_{O_2} = a' L_e + 4.2 N_{Nit} + b' X_t - 2.85 N_{Nit}$$

Q_{O₂} : Besoin en oxygène (Kg /j).

a' : Coefficient de consommation de l'oxygène lors de l'oxydation de la DBO₅ donné en Kg O₂ / Kg MVS

$$a' = 0,5 * C_m^{-0,12} = 0.64 \quad (C_m=0.12)$$

b' : Coefficient d'endogène (Kg O₂/Kg MVS). $b' = 0,13 * C_m^{0,16} = 0,09$

L_e : Quantité de DBO₅ éliminée par jour.

X_a : masse totale de la boue présente dans le bassin d'aération (kg).

QO₂ Nit : Quantité d'oxygène nécessaire à la nitrification, égale à 4,2N_{nit}.

N_{nit} : Masse journalière d'azote ammoniacal nitrifiée.

N_{dénit} : Masse journalière d'azote nitrique dénitrifiée ; égale 2,85N_{nit}.

- **Capacité maximal de dénitrification :**

$$C_m. \text{dénitri} = \frac{S_0}{8}$$

$$C_m. \text{dénitri}_{2053} = 40 \text{mg/l}$$

- **N. nitrification :**

$$N. \text{ nitrification} = \frac{Cm. \text{ déntri} \times Q_{\text{moy}}}{1000}$$

$$N. \text{ nitrification}_{2053} = 4163 \text{ kg/j}$$

➤ **N. Dénitrification :**

$$N_{\text{Dénit}} = 2.85 * N. \text{ nitrification}$$

$$N_{\text{Dénit}_{2053}} = \mathbf{11864.55 \text{ kg/j}}$$

Donc pour trouver la quantité d'O₂ :

$$Q_{O_2} = a'L_e + 4.2N_{\text{Nit}} + b'X_t - 2.85 N_{\text{Nit}}$$

$$Q_{O_2/2053} = \mathbf{50322.36 \text{ kgO}_2/\text{j}}$$

➤ **Capacité d'oxygénation effective :**

En réalité, le transfert d'air atmosphérique vers l'eau épurée se trouve gênée par la présence dans les eaux usées des matières en suspension (MES) et d'agent tensio-actif. Le passage des conditions théoriques aux conditions réelles s'effectue à l'aide des coefficients correcteurs.

Les eaux entrantes à la STEP sont des eaux usées donc on prend le coefficient de transfert est global $C_T = 0.5$

$$Q_{O_2/eff} = \frac{Q_{O_2}}{C_T}$$

$$Q_{O_2-eff-2053} = \mathbf{100644.72 \text{ kgO}_2/\text{j}}$$

➤ **Oxygène en pointe nécessaire / heure :**

La quantité journalière d'oxygène doit être fournie en 22 heures par jours.

L'apport horaire d'oxygène est de :

$$Q_{O_2 \text{ eff}} = \frac{Q_{O_2}}{T}$$

$$Q_{O_2 \text{ eff } 2053} = \mathbf{4574.76 \text{ KgO}_2/\text{h}}$$

➤ **Quantité d'O₂ nécessaire pour 1 m³ du bassin :**

$$Q_{O_2/m^3 2053} = \frac{Q_{O_2}}{V} = \frac{100644.72}{67478} = \frac{\mathbf{1.5 \text{ kg}}}{\text{m}^3} / \text{j}$$

IV.3.5.4 Calcul des caractéristiques de l'aérateur :

➤ Puissance de brassage/agitation

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

$$E_b = S_H * P_a$$

E_b : Puissance nécessaire pour le brassage en (w).

S_h : Surface horizontale du bassin en (m²).

P_a : La puissance spécifique absorbé (P_a) pour les aérateurs de surface, $P_a = 70$ à 80 w/m² [24], on prend $P_a = 75$ w/m²

$$E_{b\ 2053} = S_H * 75 = 3374 * 75 * 10^{-3} = 253.05 \text{ kw}$$

➤ La quantité totale d'oxygène transférée sur unité de puissance dans les conditions standard (N_0) :

On prend 4 aérateurs pour chaque bassin ; donc :

$$Q_{O_2/aerat} = \frac{Q_{O_2}}{16}$$

$$Q_{O_2/aerat2053} = 285.92 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

➤ Puissance pour chaque aérateur :

On prend $R = 2$ kgO₂/kwat/h :

$$P = \frac{Q_{O_2/aerat}}{R}$$

$$P_{2053} = 142.96 \text{ Kw}$$

Donc on prend :

- En 2053 : 16 aérateurs de 150 KW de puissance pour chaque aérateur.

IV.3.5.5 Bilan des boues :

➤ Calcul de la quantité des boues excès

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

$$\Delta\chi = \chi_{min} + \chi_{dur} + a_m * L_e - b * \chi_a - \chi_{eff}$$

X_{min} : boues minérales sortie de dégrillage.

X_{dur} : boues difficilement biodégradables (20%-30% de MVS).

a_m : (0,55) coefficient de rendement cellulaire.

b : fraction de la masse cellulaire éliminée par jour.

L_e : quantité de DBO5 éliminée (kg/j).

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

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

Les valeurs moyennes des paramètres a_m et b :

Paramètre	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
a_m	0,5	0,53	0,55	0,60
b	0,06	0,055	0,05	0,07

Alors :

$$X_{min} = 14010.3 \text{ kg/j}$$

$$X_{dur} = 23350.5 \text{ kg/j}$$

$$X_a = 32690.7 \text{ kgMVS}$$

$$X_{eff} = 3122.28 \text{ Kg/jour}$$

$$L_e = 30756 \text{ kgDBO5/j}$$

$$\Delta\chi = \chi_{min} + \chi_{dur} + a_m * L_e - b * X_a - \chi_{eff}$$

$$\Delta\chi = 49519.785 \text{ kg/j}$$

➤ La concentration des boues en excès

La concentration des boues en excès :

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

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

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

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

On prend $Im = 130$.

D'où :

$$X_m = \frac{1200}{130}$$

$$X_m = 9.23 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Débit de boues en excès :**

$$Q_{\text{boue-exc}} = \frac{\Delta\chi}{\chi_m}$$

$$Q_{\text{boue-exc}} = 5365 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Débit spécifique par m³ du bassin :**

$$q_{sp} = \frac{\Delta\chi}{V}$$

$$q_{sp} = 0.5 \frac{\text{Kg}}{\text{j}}/\text{m}^3$$

➤ **Le taux de recyclage :**

$$R = \frac{[\chi_a]}{\chi_m - [\chi_a]}$$

$$R = \frac{4.2}{9.23 - 4.2}$$

$$R = 83.5\%$$

➤ **Débit de boues recyclées**

$$Q_r = R * Q_j$$

$$Q_r = 86903.46 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Age de boues :**

L'Age des boues représente le rapport entre les boues présentes dans le bassin d'aération et la production de boue biologique. Il s'exprime comme le produit entre la masse de MVS en m³ et l'estimation de la production de boues en kgMVS/J, résultante de la croissance bactérienne et de son auto-oxydation, et contrôlé par le taux de purge (quantité de boue extraite du système).

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X}$$

$$Ab = 8.4j$$

➤ **Récapitulatif :**

Tableau IV.26: résultats

Horizon	ΔX (kg/j)	X_m (kg/m ³)	Q_{exces} (m ³ /j)	q_{sp} (kg/m ³ /j)	R(%)	Q_r (m ³ /j)	A_b (j)
2053	49519.785	9.23	5365.1	0.5	83.5	86903.46	8.4

IV.3.5.6 Dégazage :

Afin d'éviter toute les remontées indésirables de boues dans le clarificateur. Un ouvrage de dégazage est nécessaire entre le bassin d'aération et le clarificateur.

Nous adopterons une charge hydraulique de 45 m³/m²/heure au débit de pointe Q_{pp} .

Tableau IV.27: données de base

Désignation	Unité	Valeur 2053
Débit max par zone	m ³ /h	1/2(Q _{pts} + Q _{recirculation} + Q _{retour})
Débit de pointe de temps sec	m ³ /h	6817
Débit de recirculation	m ³ /h	6817
Débit de retour	m ³ /h	500
Débit unitaire	m ³ /h	7067
Nombre d'ouvrage	U	02
Vitesse ascensionnelle maximale en pointe	m/h	45

➤ **Surface :**

$$S_{dgz} = \frac{Q}{V}$$

Q_t : Débit total en m³/heure.

V : charge hydraulique en m³/m²/h.

➤ **Volume :**

Pour une hauteur de 3,5 m, le volume unitaire de dégazage sera de :

$$V_{dgz} = S_{dgz} * H$$

Tableau IV.28:résultats

	Nombre d'unités	V _{uni-dgz} (m ³)	H (m)	S _{uni-dzg} (m ²)	L (m)	l (m)	S _{tot}
2053	2	550	3.5	157	17.5	9	314.1

IV.3.5.7 Qualité d'eau après le traitement biologique :

Tableau IV.29:Qualité des eaux attendues après traitement biologique

Paramètres	Unité	Concentration en mg/l
DBO5	mg/l	≤ 25
DCO	mg/l	≤ 90
MES	mg/l	≤ 30
NGL	mg/l	≤ 15

IV.3.6 Clarificateur :

Le clarificateur a pour but la séparation des floccs biologiques de l'eau à épurer. Les boues déposées dans le clarificateur sont recirculées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues.

Tableau IV.30:données de base

Désignations	Unités	Horizon 2053
Débit de pointe de temps sec	m ³ /heure	6817
Nombre de clarificateur	U	4
Débit unitaire	m ³ /heure	1704.25
Vitesse ascensionnelle au niveau du miroir maximale	m/heure	0,65
Hauteur d'eau minimale en périphérie d'ouvrage	m	3,5
Vitesse d'approche maximale sur le déversoir	m ³ /m/heure	10

➤ La surface horizontale unitaire S_{hu} :

Est égale à :

$$S_h = \frac{Q_{unitaire}}{V_a}$$

On a :

V_a : la vitesse ascensionnelle des particules $V_a=0.65\text{m/h}$.

➤ **Le diamètre :**

Il est calculé à partir de la surface, on a :

$$S_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Alors :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$$

➤ **La hauteur du décanteur :**

On a : $H_d = 3,5 \text{ m}$

➤ **Volume :**

$$V_u = S_u * H$$

Tableau IV.31: résultats

	Nombre d'unités	$S_u \text{ (m}^2\text{)}$	$D \text{ (m)}$	$H \text{ (m)}$	$V_u \text{ (m}^3\text{)}$
2053	4	2622	58	3.5	9177

IV.3.7 Traitement tertiaire :

Lorsque l'eau traitée sort du clarificateur, une partie sera déversée dans l'oued et l'autre partie sera évacuée vers le traitement tertiaire afin de diminuer la charge polluante et obtenir une eau plus clarifiée. Il existe trois principales méthodes de désinfection de l'eau, chacune avec ses avantages et ses inconvénients. Voici un aperçu de ces méthodes et de leurs caractéristiques distinctives :

Tableau IV.32:méthodes de désinfection avantages inconvénients

Méthode	Avantages	Inconvénients
Chloration	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace pour la désinfection et l'oxydation des matières organiques. • Large spectre d'activité contre divers micro-organismes pathogènes. • Coût relativement bas. • Formation de résidus résiduels qui peuvent maintenir la désinfection pendant le transport et le stockage de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation potentielle de sous-produits de désinfection (trihalométhanes, halogénacétates, etc.) lorsque le chlore réagit avec la matière organique présente dans l'eau. • Odeur et goût désagréables possibles. • Nécessité de surveiller et de maintenir le dosage de chlore de manière précise.
Ozonation	<ul style="list-style-type: none"> • Très efficace pour la désinfection et l'oxydation des polluants organiques. • Ne génère pas de sous-produits organochlorés comme la chloration. • N'ajoute généralement pas de goût ni d'odeur à l'eau traitée. • Permet une désinfection rapide. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement élevé pour la génération d'ozone. • L'ozone est instable et doit être généré sur place. • Nécessite un contrôle précis du processus et une surveillance constante.
Désinfection par rayonnement ultraviolet (UV)	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun produit chimique n'est ajouté à l'eau. • Pas de formation de sous-produits de désinfection. • Processus de désinfection rapide et efficace. • Facilité d'utilisation et d'entretien. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'efficacité diminue avec l'opacité de l'eau, ce qui nécessite souvent une préfiltration pour éliminer les matières en suspension. • L'UV ne permet pas l'oxydation des matières organiques non biologiques. • Nécessite une source d'électricité constante.

D'après le tableau IV.33 nous constatons que :

- Le procédé par chloration présente, malgré son faible coût de fonctionnement, des risques pour l'environnement. De plus, elle ne garantit pas une désinfection efficace.
- L'ozonation est le traitement qui présente le plus, des inconvénients financiers et techniques, malgré ses performances très élevées.
- La désinfection par UV présente le plus d'avantages. C'est la technique la plus utilisée actuellement dans de nombreux pays.

Ceci nécessite donc de passer par les étapes suivantes de traitement tertiaire :

- Poste de relevage
- La coagulation
- La floculation
- La filtration
- L'ultra-violet

IV.3.7.1 Poste de relevage des eaux usées :

Comme l'indique le Tableau ci-dessous, il est prévu un poste de relèvement doté de quatre groupes électropompe dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 2 750 m³/heure.

Tableau IV.34:données de base

Désignation	Unité	Horizon 2053
Nombre des pompes en service	U	3
Nombre des pompes secours	U	1
Débit totale	m ³ /heure	4337
Débit unitaire calculé	m ³ /heure	1445,66
Débit unitaire adopté	m ³ /heure	1446

Afin de calculer le volume de Bâche :

On a :

$$V = \frac{Q \cdot N}{4 \cdot N_c}$$

Avec :

V : volume de la bâche (m³).

Q : débit unitaire de chaque pompe (m³/h).

N : nombre des pompes en fonctionnement.

N_c : nombre de cycles de marche-arrêt des pompes = 6 cycles / heure.

➤ **Surface :**

On propose H= 3 m.

Donc :

$$S = \frac{V}{H}$$

➤ **La Longueur de Bâche :**

On propose Largeur l= 5 m Et donc : L = 10 m

Tableau IV.35:résultats

	V _{bache} (m ³)	S _{bache} (m ²)	L (m)	l (m)
2053	150	50	10	5

IV.3.7.2 Coagulation :

Tableau IV.36:données de base

Paramètres	Unités	Horizon 2053
Débit entrant	m ³ /heure	4337
Nombre d'ouvrage	U	2
Débit unitaire	m ³ /heure	2168.5
Temps de séjours en Coagulation	Heure	0.041

Le type de coagulant utilisé est le Sulfates d'Aluminium Al₂(SO₄)³.

On cherche :

➤ **Le volume :**

$$V_u = Q_{unitaire} \times T_{s.c}$$

➤ **La Surface horizontale :**

La hauteur donnée est à 4 m, Donc :

$$S_H = \frac{V_u}{H}$$

➤ **Longueur :**

On prend largeur :

l= 4 m

Donc :

$L = 7 \text{ m}$

Tableau IV.37: résultats

	Nombre d'unités	$V_u \text{ (m}^3\text{)}$	$S_u \text{ (m}^2\text{)}$	H (m)	L (m)	l (m)
2053	2	89	22.25	4	7	3.2

IV.3.7.3 Flocculation :

Tableau IV.38: données de base

Paramètres	Unités	Horizon 2053
Débit entrant	m^3/heure	4337
Nombre d'ouvrage	U	2
Débit unitaire	m^3/heure	2168.5
Temps de séjours en flocculation	Heure	0.2

Le type d'adjuvant utilisé est un Poly électrolyte. [17] L'agitation de l'eau est lente (12 minutes) pour assurer la création des floes afin qu'ils se décantent dans le bassin.

La charge polluante et l'adjuvant seront donc éliminés en évacuant les boues vers traitement des boues.

➤ **Volume :**

$$V_u = Q_{\text{unitaire}} \times T_{s.f}$$

➤ **La Surface horizontale :**

La hauteur donnée est à 4 m Donc :

$$S_H = \frac{V_u}{H}$$

➤ **Longueur :**

On propose largeur :

$l = 7 \text{ m}$

Donc : $L = 15.5 \text{ m}$

Tableau IV.39: résultats

	Nombre d'unités	$V_u \text{ (m}^3\text{)}$	$S_u \text{ (m}^2\text{)}$	H (m)	L (m)	l (m)
2053	2	434	108.5	4	15.5	7

IV.3.7.4 Filtration à sable :

Tableau IV.40:données de base

Paramètres	Unités	Horizon 2053
Débit entrant	m ³ /heure	4337
Nombre d'ouvrage	U	2
Débit unitaire	m ³ /heure	2168.5
Temps de séjours en filtration	Heure	0.07

C'est l'étape de traitement tertiaire où la décantation des boues et des polluants sera réalisée dans l'étape de filtration.

➤ **Volume :**

$$V_u = Q_{\text{unitaire}} \times T_{s.\text{fil}}$$

➤ **La Surface horizontale :**

La hauteur donnée est à 4 m Donc :

$$S_H = \frac{V_u}{H}$$

➤ **Longueur :**

On propose largeur :

l= 5m

Donc :

L= 8 m

Tableau IV.41:résultats

	Nombre d'unités	V _u (m ³)	S _u (m ²)	H (m)	L (m)	l (m)
2053	2	152	38	4	8	5

IV.3.7.5 Désinfection à l'Ultra-violet

La dernière opération en traitement tertiaire, est l'ultra-violet qui permet la désinfection ou l'élimination totale des polluants et microorganismes qui polluent le milieu naturel.

Dans le présent cas, il est prévu d'installer des modules de lampes UV (émetteurs) de mercure de basses pressions parallèles à l'axe d'un canal ouvert.

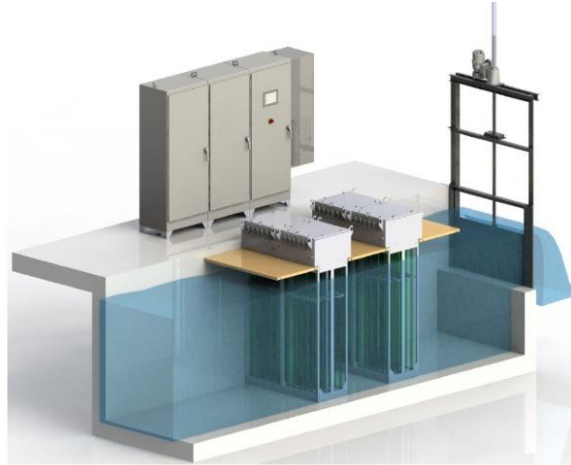


Figure IV.3:réacteurs ouverts aquaray

Lampe à vapeur de mercure basse pression :

Est constituées d'ampoule de silice ou de quartz rempli avec un gaz inerte (argon) et une quantité de mercure.

C'est une lampe à arc électrique qui provoque l'excitation des atomes de mercure, puis l'émission de radiations par retour à leur état fondamental. Le spectre d'émission des lampes dépend de la pression de mercure dans les lampes. [25]

Les lampes à vapeur de mercure basse pression, émettent une lumière quasi- monochromatique à 254 nm, qui correspond à la bande optimale de l'effet germicide [25].

Les lampes sont généralement insérées à l'intérieur d'un manchon de quartz, ce qui permet de les immerger directement dans l'eau à traiter. Le quartz transmet jusqu'à 90% de la radiation provenant de la lampe. L'intensité transmise est également dépendante du voltage, de la température autour de la lampe, de son âge (les lampes basse pression ont une durée de vie d'environ 3500 heures), et de son degré d'encrassement. Les lampes à vapeur de mercure sont très sensibles aux variations de température ; l'optimum se situerait autour de 50°C. [25]

- Le système complet d'installations de traitement UV comprend :
 - les émetteurs UV,
 - les structures de support et de protection des émetteurs UV,
 - les installations de mesure et de régulation automatique de niveau d'eau et l'armoire de commande.

Il est nécessaire d'assurer une géométrie optimisée des lampes UV afin d'éviter des zones mortes dans le canal, avec des intensités insuffisantes des rayons UV.

Le régime hydraulique doit assurer des conditions turbulentes et des temps de réactions est inférieur à 10 secondes, la distance maximale entre deux émetteurs est d'environ 10 cm.

Tableau IV.42: principales caractéristiques des lampes de basse pression [26]

	Basse pression
Emission	Monochromatique
Pression de gaz en Fonctionnement	<1mbar
Spectre d'émission (nm)	254 nm
Efficacité (200-300 nm)	30-35 %
Input électrique	Faible (<200 watt)
Température en fonctionnement	40-110 °C
Durée de vie	8000-10000 heures
Diamètre de lampe	1,5 à 2 cm
Longueur de lampe	91,4 et 162,6 cm
Longueurs d'arc	76,2 et 147,3 cm

Avantages de désinfection UV:

- Le faible temps nécessaire à l'inactivation des pathogènes ;
- La quasi absence de sous-produits ;
- La très large gamme de pathogènes concernés, et surtout leur efficacité vis-à-vis des kystes de protozoaires.

Qualité d'eau après le traitement tertiaire :

En fin de traitement biologique, l'eau est soumise à un processus de traitement tertiaire qui permettra d'obtenir les valeurs minimales suivantes :

Paramètres	Unités	Valeur
DBO5	mg/L	< 15
DCO	mg/L	< 60
MES	mg/L	≤ 10
Nématodes intestinaux	/	Absence
Coliformes fécaux	UFC / 100mL	<100

Après la comparaison avec les normes de réutilisation, on peut dire que cette eau est adéquate à l'irrigation par rapport aux paramètres de pollution.

IV.3.8 Traitement et élimination des boues :

La quantité et les propriétés des boues générées dans le processus de traitement dépendent à la fois des caractéristiques de l'effluent à traiter et du choix du procédé de traitement. Les stations utilisant le procédé de boues activées à faible charge sont parmi les installations qui produisent le moins de boues excédentaires, ce qui permet généralement une simple concentration, suivie d'une déshydratation naturelle sur un lit de séchage.

Les principaux problèmes liés aux boues comprennent principalement :

- Leur fermentescibilité.
- Leur volume.
- Les nuisances résultant de la nature même de ces boues.

Choix de la filière de traitement

La filière de traitement des boues choisie pour notre STEP sera comme suit :

- 1) Un épaisseur des boues.
- 2) Une déshydratation mécanique.

IV.3.8.1 Epaissement des boues :

Tableau IV.43:Caractéristiques de l'ouvrage d'épaissement des boues.

Désignation	Unité	Valeur
Nombre d'ouvrages	U	02
Concentration des boues	g/l	25
Charge surfacique au radier maximale	kg MS/m ² /jour	30
Temps de séjour hydraulique maximal	Jour	2

➤ Boue issue du décanteur secondaire (B_{excès}) :

Elles représentent les boues en excès : $B_{excès} = \Delta X$

Tableau IV.44:données

	2053
ΔX (Kg/jour)	49519.785

➤ Concentration des boues :

Concentration des boues = $X_m = 9.23 \text{ Kg/m}^3$

➤ Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage (Q_{B_{excès}}) :

Tableau IV.45:données

Horizon	$Q_{\text{exces}}(\text{m}^3/\text{j})$
2053	5365.1

➤ **Volume d'épaississeur :**

$$V_{\text{ep}} = Q_{\text{exces}} * T_s$$

Q_{exces} : Débit de boues en excès m^3/j

T_s : Temps de séjour dans l'épaississeur. (j)

Tableau IV.46:résultats

Horizon	$V_{\text{ep}}(\text{m}^3)$
2053	10730.2

➤ **Volume unitaire :**

$$V_u = \frac{V}{2}$$

Tableau IV.47:résultats

Horizon	$V_u(\text{m}^3)$
2053	5365.1

➤ **Surface unitaire :**

$$S_u = \frac{V_u}{H}$$

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

Tableau IV.48:résultats

Horizon	$S_u(\text{m}^2)$
2053	1532.88

➤ **Diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{\pi \cdot S_u}{4}}$$

Tableau IV.49: résultats

Horizon	D (m)
2053	35

➤ **Débit de boues à la sortie de l'épaississeur :**

Après l'épaississement, la concentration maximale des boues sera $C_{BE} = 90$ g/L.

$$Q_{s-ep} = \frac{\Delta X}{C_{BE}} \dots \text{IV-6}$$

Tableau IV.50: résultats

Horizon	ΔX (kg/j)	Q_{s-ep} (m ³ /j)
2053	49519.785	550.22

➤ **Débit épuré :**

Le débit épuré = débit moyen journalier (Q_j) - débit des boues éliminées (Q_{s-ep})

$$Q_{epu} = Q_j - Q_{s-ep}$$

Tableau IV.51: résultats

Horizon	2053
Q_j (m ³ /j)	104 076
Q_{s-ep} (m ³ /j)	550.22
Q_{epu} (m ³ /j)	103525.78

IV.3.8.2 Déshydratation des boues :

La déshydratation des boues constitue la deuxième phase visant à réduire leur volume.

Déshydratation naturelle : Ce processus implique le séchage des boues à l'air libre sur des lits de séchage drainés. En général, on alloue une surface d'environ 1 mètre carré pour chaque 2,5 équivalents-habitants (EH). Il s'agit d'une méthode simple qui nécessite une main-d'œuvre importante et une grande superficie de terrain. Les lits de séchage sont composés d'un massif drainant constitué de sable et de mâchefer, avec une épaisseur d'environ 0,3 mètre. Les boues sont

réparties sur une épaisseur de 0,2 à 0,3 mètre sur le lit de séchage, et les eaux d'égouttage sont collectées à l'aide de drains pour être renvoyées en amont de la station.

Déshydratation mécanique : Cette méthode permet de réduire la teneur en eau des boues à un taux compris entre 45 % et 85 %. Les principales techniques de déshydratation mécanique utilisées incluent :

- Filtration sous vide
- Filtration sous pression (filtre à bande et filtre presse)
- Centrifugation.

Pour notre cas, et vue les contraintes de la région d'étude (forte pluviométrie, surface réduite) on ne peut pas utiliser le lit de séchage donc on opte pour la déshydratation mécanique par filtre à bandes.

Le dimensionnement du filtre à bande :

Tableau IV.52: données de base

Horizon	2053
La quantité de boues extraites de l'épaisseur vers la déshydratation (m ³ /j)	5365.1
Siccité après déshydratation (SF)	15% à 18%
Quantité de boue à traiter par jour (kg/j)	49519.785

➤ Quantité de boue à traiter par heure :

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

$$\Delta X_{t/h} = \frac{\Delta X_t}{T} \left(\frac{kg}{h} \right)$$

	2053
$\Delta X_{t/h} \frac{kg}{h}$	6189.97

➤ La quantité de boues extraites de déshydratation :

$$Q_b = \frac{\Delta X_t}{1000 * S_F}$$

ΔX_t : Quantité de boue à traiter par jour (kg/j)

S_F : Siccité des boues (%) ; On prend $S_F = 18\%$.

Donc :

Tableau IV.53:résultats

	2053
ΔX (kg/j)	49519.785
Q_b (m ³ /j)	275.11

➤ **Largeur de la bande :**

On a : La capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m

$$L = \frac{\Delta X_{t/h}}{150}$$

Tableau IV.54:résultats

	2053
L(m)	41.27

Nous préconisons l'utilisation de 13 et 21 filtres pour les deux horizons à bandes d'une largeur de 2 m.

➤ **Matière sèches :**

Floculant nécessaires à raison de 5 kg/tonne de MS à tarifer :

$$MS = \frac{\Delta X_t * 5}{1000}$$

Donc on aura :

Tableau IV.55:résultats

	2053
MS (kg)	247.6

IV.3.8.3 Direction des boues :

Les boues d'épuration sont riches en matière organique, en nutriments et en certains contaminants. Les boues peuvent être utilisées de différentes manières, en fonction de leur composition et de leur traitement. Voici quelques utilisations courantes des boues d'épuration :

- **Épandage agricole :** Les boues d'épuration peuvent être utilisées comme engrais ou amendement du sol dans l'agriculture. Elles apportent des nutriments, tels que l'azote et le

phosphore, aux sols agricoles. Cependant, leur utilisation doit être réglementée pour éviter une surcharge de ces nutriments.

- Production d'énergie : Les boues d'épuration contiennent de la matière organique, ce qui les rend adaptées à la digestion anaérobie pour la production de biogaz. Le biogaz peut être utilisé pour produire de l'électricité ou de la chaleur.
- Compostage : En mélangeant les boues d'épuration avec d'autres matériaux organiques, elles peuvent être transformées en compost de qualité, qui peut être utilisé pour améliorer la structure du sol et fournir des nutriments aux plantes.
- Construction de terrains : Les boues séchées peuvent être utilisées dans la construction de terrains, notamment pour la création de couches de remblai ou de couvertures de décharges.
- Production de matériaux de construction : Les boues d'épuration peuvent être utilisées dans la fabrication de matériaux de construction, tels que les briques ou les tuiles.
- Traitement ultérieur : Dans certains cas, les boues d'épuration subissent un traitement supplémentaire pour réduire leur volume ou leur potentiel de contamination avant d'être utilisées.

Il est important de noter que l'utilisation des boues d'épuration doit être réalisée conformément aux réglementations environnementales locales et nationales pour éviter tout risque pour la santé humaine et l'environnement. Les autorités de régulation fixent des limites strictes concernant les contaminants potentiellement présents dans les boues et supervisent leur utilisation.

IV.4 Conclusion

En conclusion, le dimensionnement de la station d'épuration de Bouinan pour l'horizon 2053 représente une étape essentielle dans la planification à long terme de l'infrastructure de traitement des eaux. Cette analyse a mis en évidence la nécessité de prévoir une croissance de la population et des besoins en traitement des eaux usées, ainsi que l'importance de rester en conformité avec les réglementations environnementales en constante évolution. De plus, l'intégration de technologies émergentes et la prise en compte des défis posés par le changement climatique sont des éléments clés pour assurer la résilience de la station d'épuration.

Il est impératif de noter que le dimensionnement pour ces horizons temporels exige un engagement à long terme envers la durabilité et la protection de l'environnement. Les investissements judicieux dans la modernisation de l'équipement et l'expansion de la capacité sont nécessaires pour garantir que la station continue à fonctionner de manière optimale.

En fin de compte, la planification pour 2053 vise à assurer que la station d'épuration remplisse sa mission critique de traitement des eaux usées, tout en contribuant activement à la préservation de l'environnement et en répondant aux besoins changeants de la société au fil du temps.

Chapitre V

Chapitre V : Organisation du chantier

Introduction :

L'efficacité de la gestion d'un chantier repose sur la nécessité de maintenir un rythme de travail, ce qui exige une utilisation judicieuse des ressources humaines et matérielles. L'objectif principal est d'atteindre des objectifs tels que la célérité, la qualité et l'efficacité économique. Par exemple, lors de la création de structures en béton armé, des matériaux tels que le ciment, le sable, le gravier et l'acier sont utilisés, et leur coût est convenu avant la fabrication du produit. Cependant, évaluer correctement les coûts et les ressources nécessaires s'avère complexe, car cela repose sur des hypothèses qui seront confirmées tout au long et à la fin du projet. Cette contrainte implique que l'entreprise doit régulièrement réexaminer les prévisions pendant la réalisation du projet. [27]

On désigne également par "Organisation de chantier" le fait d'anticiper le chantier en passant par :

- Une analyse du projet de construction,
- La recherche d'optimisation technique dans les procédés constructifs permettant d'améliorer :
- La sécurité,
- Les délais de construction,
- La rentabilité
- La définition des modes opératoires,
- L'établissement d'un plan d'installation de chantier,
- L'établissement d'un planning prévisionnel d'exécution des travaux. [27]

V.1 Travaux de réparations et installation de chantier

Pour avoir une installation convenable du chantier, on doit se disposer d'un terrain vaste et spacieux pour ménager les différentes aires de stockages de matériaux, des pistes de circulation d'engins, les locaux, les postes fixes de travail. On distingue les installations suivantes dans un chantier. [27]

V.1.1 Installations destinées aux personnels

Dans tout chantier de génie civil on trouve généralement les mêmes installations destinées aux personnels : les dortoirs, les réfectoires, les vestiaires, les sanitaires, infirmerie et les bureaux en nombre suffisant.

La base vie doit au minimum être raccordée en : eau potable, assainissement, électricité, et téléphonie. [27]

Les circulations piétonnes doivent être matérialisées, celle-ci doivent permettre durant toute la phase de construction les circulations suivantes :

- Base de vie – zone de travail ;
- Base de vie – lieux de stationnement des véhicules de personnels
- Zone de travail – centrale à béton ;
- Zone de travail – lieux de stockage de matériaux ;

- Et l'ensemble de cheminements qui seront réalisées par les ouvriers [27]

V.1.2 Installations destinées au stockage des matériaux :

Les aires de stockage doivent figurer sur le plan d'installation de chantier en précisant le type de matériel/matériau qui y sera stocké, la surface disponible et les mesures prises pour protéger l'environnement (géotextile, surface bétonnée, ...etc.) [27]

Le matériau de construction doit être stocké et protégé des facteurs climatiques et des intempéries. Pour les ciments nous utilisons soit des silos métalliques, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats stockés peuvent être en plein air, on doit cependant prévoir un croisement entre les différents types existants pour éviter leur mélange et faciliter le dosage du béton. Les aciers sont stockés des baraquements ou des hangars. [27]

V.1.3 Installations destinées à la réparation des engins

En général, les grosses réparations ne se font pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des différents matériels. [27]

V.2 Moyens des travaux de chantier

V.2.1 Moyens humains

Concernant les moyens humains (en personnels), l'entreprise devra indiquer une personne responsable du chantier et son intérimaire, avec précision des titres et compétences et spécifier leurs rôles et leurs tâches, cela est applicable aussi pour toute personne intervenant dans le chantier. On trouve le personnel compétent pour la réalisation des études préalables tel que les géotechniciens, hydrologues, topographe, ingénieur béton armé, dessinateur, ...etc.

V.2.2 Moyens matériels

Pour l'ensemble de matériels l'entrepreneur doit mentionner la marque, le type, puissance, rendement et nombre d'engins affectés au chantier ainsi que leur mode d'intervention suivant le phasage des travaux.

- Matériels de terrassement

Le matériel de terrassement comprend les engins de terrassement pour la réalisation des fouilles, l'extraction, et le transport de matériaux de construction, le bétonnage et la finition.

Généralement on fait appel aux engins suivant : bulldozer, chargeur, camion benne, pelle hydraulique, décapeuse, camion-citerne, grue à portique, camion malaxeur et autre si nécessaire. [27]

- Matériel de bétonnage

On utilise le plus souvent des bétonnières pour la fabrication du béton nécessaire pour la construction des ouvrages en béton

Le matériel lié au bétonnage doit également comprendre les dispositifs de coffrage et les engins nécessaires à la vibration du béton ainsi qu'à son nettoyage et à son repiquage, en vue du traitement des reprises de bétonnage. [27]

V.3 Devis quantitatif et estimatif

Pour aboutir à une valeur de consommation pouvant être considérée comme représentative, l'établissement du coût d'exploitation se basera sur plusieurs paramètres relevant de l'exploitation à savoir énergie électrique, consommables, maintenance.

De ce fait la maîtrise et la connaissance de ces différents postes est primordiale dans le calcul. Le coût des projets. [27]

Le coût estimatif du projet est établi sur la base du coût du mètre cube (m^3) d'eau épurée, Ce coût est composé de :

VI.3.1 Calcule le Coût d'investissement

- Coût des travaux de génie civil (terrassement et coût des ouvrages en béton).
- Les équipements (racleurs, turbine, pompes aérateurs, tuyauterie...).

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{eq} + C_{vrd}$$

Avec :

C_{Ti} : le coût d'investissement.

C_{gc} : le coût de génie civil.

C_{vrd} : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

V.3.1.1 Le Coût de terrassement

L'épaisseur de la couche végétale sera estimée à 30 cm.

Le prix du mètre cube de terrassement sera évalué à 2500 DA (donnée par bureau d'étude) On calculera le volume de la couche végétale par l'expression

$$V = 0.3 \times S_{hi}$$

Avec :

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

S_{hi} : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

Le coût d'un ouvrage sera donc :

$$C = 2500 \times V$$

Tableau V.1: donne les valeurs du coût de terrassement de chaque ouvrage 2053

Ouvrages	Nombre	La surface horizontale (m ²)	Volume (m ³)	Coût (DA)
Déssableur-déshuilleur	03	139	41,7	104 250
Zone de contact	02	162	48,6	121 500
Bassin biologique	04	6183	1854,9	4 637 250
Dégazage	02	157	47,1	117 750
Clarificateur	04	2622	786,6	1 966 500
Coagulation	02	22.25	6,675	16 687,5
Floculation	02	108.5	32,55	81 375
Filtration				
Epaississeur	02	1532.88	459,864	1 149 660
Totale				8 194 972,5

Donc le coût total du terrassement est :

$C_{terr}=8\ 194\ 972,5\text{DA}$ pour l'année 2053.

V.3.1.2 Le Coût du béton armé :

Le coût du béton revient actuellement $P_u=45\ 000\ \text{DA/m}^3$ (bureau d'étude), On calcule le coût de béton armé par la formule suivante :

$$C_b = P_u \times V_{tb}$$

Avec :

V_{tb} : le volume total du béton.

- Epaisseur des murs de l'ouvrage em : (0.15 à 0.5) m.
- Epaisseur en radiers de l'ouvrage er : (0.3 à 0.4) m.
- C_b : le coût de béton.

a) Calcul du volume de béton armé

Le volume total du béton pour chaque ouvrage sera la somme des deux volumes :

$$V_{tb} = V_r + V_m$$

$$V_r = S_h \times er$$

Avec :

$$V_m = P \times H \times em$$

On prend :

- L'épaisseur du mur $em = 0.3$ m.
- L'épaisseur du radier $er = 0.3$ m (selon les informations d'un bureau d'étude).

V_r : volume du radier.

V_m : volume du mur.

P : périmètre de l'ouvrage.

H : Hauteur de l'ouvrage.

Tableau V.2:Le coût du béton armé de chaque ouvrage 2053

OUVRAGES	Surface m ²	V _r (m ³)	V _m (m ³)	V _{tb} (m ³)	Cout (DA)
Déssableur-déshuilleur	417	125,1	112,5	237,6	10 692 000
Zone de contact	324	97,2	153,9	251,1	11 299 500
Bassin biologique	24732	7419,6	801,6	8221,2	369 954 000
Dégazage	314	94,2	111,3	205,5	9 247 500
Clarificateur	10488	3146,4	764,4	3910,8	175 986 000
Coagulation	44,5	13,35	48,96	62,31	2 803 950
Floculation	217	65,1	108	173,1	7 789 500
Filtration	0	0	60,6	60,6	2 727 000
Epaississeur	3065,76	919,728	228,9	1148,628	51 688 260
Totale					642 187 710

Donc le coût total du béton armé est $C_{ba} = 642\ 187\ 710$ DA

V.3.1.3 Coût total du génie civil

Le total du génie civil est la somme des deux coûts calculé précédemment :

$$C_{gc} = C_{terr} + C_{ba}$$

Tableau V.3:cout total gc

	2053
C_{gc} (DA)	650 382 683

V.3.1.4 Le Coût des VRD :

Le coût des VRD est estimé à 25% du coût du génie civil donc :

Tableau V.4:Le Coût des VRD

	2053
C_{VRD} (DA)	162 595 671

V.3.1.5 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :

Il est estimé à 40% du ($C_{gc} + C_{VRD}$)

Tableau V.5:Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques

	2053
C_{eqp} (DA)	325 191 341

V.3.1.6 Coût total des investissements de la station

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{VRD} + C_{eq}$$

Tableau V.6:Coût total des investissements de la station

	2053
C_{tr} (DA)	8 194 973
C_{ba} (DA)	642 187 710
C_{gc} (DA)	650 382 683
C_{VRD} (DA)	162 595 671
C_{eqp} (DA)	325 191 341
C_{Ti} (DA)	1 138 169 694

V.3.2 Le Coût de fonctionnement :

Il est exprimé :

$$C_{FT} = C_{MO} + C_{rm} + C_{ff}$$

- Coût d'exploitation courante.
- Coût de renouvellement du matériel électromécanique.
- Frais financiers et de la main d'œuvre.

V.3.2.1 Le coût de main d'œuvre :

Le coût de main d'œuvre est estimé à 5% du coût d'investissement

Tableau V.7: Le coût de main d'œuvre

	2053
C _{MO} (DA)	56 908 485

V.3.2.2 Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :

Il est estimé à 5% du coût d'investissement total .

Tableau V.8:Le coût de renouvellement du matériel électromécanique

	2053
C _{rm} (DA)	56 908 485

V.3.2.3 Le coût des frais financiers

Il est estimé à 5% du coût d'investissement total

Tableau V.9:Le coût des frais financiers

	2053
C _{ff} (DA)	56 908 485

V.3.2.4. Le coût de fonctionnement total

$$C_{FT} = C_{MO} + C_{rm} + C_{ff}$$

Tableau V.10:Le coût de fonctionnement total

	2053
C _{FT} (DA)	170 725 454

V.3.3 Calcul du prix du m³ d'eau traitée :

1. Le coût d'amortissement annuel :

$$C_{AA} = \frac{C_{Ti}}{T} \dots \dots V-1$$

Avec :

T : durée d'amortissement t= 30 ans/t=7ans. Donc :

Tableau V.11:Le coût d'amortissement annuel

	2053
C _{AA} (DA)	37 938 990

2. Coût annuel de la station

$$C_{TS} = C_{AA} + C_{ft}$$

Tableau V.12:cout annuel de la station

	2053
C _{TS} (DA)	208 664 444

V.3.4 Calcul du prix du m³ d'eau épurée :

Le volume total annuel d'eau épurée pour les deux horizons est :

Tableau V.13:volume total annuel d'au épurée

	2053
Q _{epu} (m ³ /j)	103 525.78
V _{an} (m ³)	37 786 909,7

Le coût du m³ épurée (Ce) ce calcul alors

$$Ce = \frac{C_{TS}}{V_{an}}$$

Tableau V.14:prix du m3 d'eau épurée

	2053
C _{TS} (DA)	208 664 444
V _{an} (m3)	37 786 910
Ce (DA)	5,52

V.4 Attribution des durées de chaque opération

Pour attribuer le temps à une opération, il faut tenir compte du nombre de ressources humaines et matériels disponibles face à la dimension et la grandeur de projet, en appliquant la formule suivante :

$$T = \frac{Q \times N}{n}$$

Avec :

T : temps de travail.

Q : Quantité de travail.

N : Rendement.

N : Nombre d'équipes.

On distingue deux techniques de planification :

- **Plan de travail au plus tôt**

Les opérations commencent en leur date au plus tôt. L'entreprise opte pour ce planning lorsqu'elle est bien fournie de moyens et travaille sur plusieurs chantiers.

- **Plan de travail au plus tard**

Toutes les opérations commencent au plus tard, les tâches ne sont pas retardées. L'entreprise opte pour ce type de planning lorsqu'elle est limitée de moyens.

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir [28]

- Méthodes basées sur le réseau.
- Méthodes basées sur le graphique.

Le graphique ne peut se faire sans le réseau, car le réseau n'est qu'un outil de calcul Permettant d'aboutir à des résultats répondant à certaines questions qui nous sont posées.

Le graphique est une forme d'interprétation du réseau et de ses résultats mais mieux Lisible et compréhensible. [27]

V.4.1 Méthode basée sur le réseau

Le réseau est la représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer les relations entre les différentes opérations (ordre d'exécution) pour atteindre l'objectif de la planification selon deux réseaux :

- Réseau à flèches

L'opération est représentée par une flèche et la liaison entre deux opérations par un nœud.

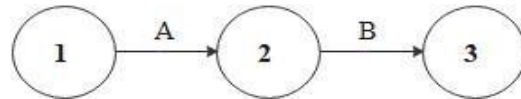


Figure V.1:réseau a flèche exemple

- Réseau à nœud



Figure V.2:réseau a nœuds exemple

L'opération est représentée par un nœud est la succession des opérations par des flèches.

La méthode basée sur le réseau est aussi appelée méthode de chemin critique (C.P.M), elle consiste à faire un calcul allé et retour en utilisant les paramètres de la grille suivante :

Tableau V.15: méthode chemin critique

DCP	Tr
DFP	DCPP
$DFP = DCP + Tr$	$DCPP_i = DFPP_i - Tr$
DFPP	MT
$DFP_i = DCP_{i+1}$	

Avec :

DCP : date de commencement au plus tôt.

Tr : temps de réalisation de l'opération.

DFP : date de finition au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : Marge totale.

Le chemin critique (C.C) est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTP) reliant les opérations ayant la marge totale nulle par une double flèche sur le réseau. Pour retrouver le chemin critique, il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$MT = 0 ; \text{ et } \sum Tr_{cc} = DTP$$

V.4.2 Les principales lois de la méthode C.P.M

- **Calcul allé**

On calcul s'effectue pour les dates au plus tôt uniquement. La première opération du projet Débute à un temps $t=0$.

$$DFPi = DCPi + TR$$

$$DCPj = DFPi$$

Il faut savoir que pour le calcul allé, si on a 2 opérations qui s'achèvent, et donnent naissance

A une nouvelle activité cette dernière commence à la date au plus tôt maximale entres les deux

Date de finition au plus tôt des deux activités précédentes, c'est à dire celle sui sont terminées. Pour la dernière opération du réseau au calcul allé, et cela afin d'entamer le calcul retour. [27]

On pose par convention, dans le but de ne pas retarder le projet :

$$DCPP = DCP$$

$$DFPP = DFP$$

- **Calcul retour**

Ensuite, on procède au calcul retour c'est à dire on calcul les dates au plus tard

$$DCPPj = DFPPi$$

Et :

$$DCPPi = DFPPi - TR$$

Il faut savoir aussi que, pour le calcul retour, si on a 2 opérations qui vont vers une nouvelle activité, cette dernière prend comme la date de finition au plus tard, la date de commencement minimale entre les deux dates de commencement au plus tard des deux activités précédentes. [27]

La marge totale MT :

$$MT = DFPP - DFP$$

$$MT = DCPP - DCP$$

Pour la dernière opération, on a toujours $MT=0$.

La marge totale MT de l'opération est n'est jamais négative : $MT \geq 0$

V.4.3 Symboles des différentes opérations

Les principales opérations à exécuter sont :

- A. Terrassement
- B. Bétonnage
- C. Construction poste de relevage
- D. Installation de dégrilleur-déssableur
- E. Installation du clarificateur
- F. Installation de bassin de désinfection
- G. Installation des bassins d'aérations
- H. Installation de l'épaisseur
- I. Installation des-hydrateur
- J. Construction des lits de stockage des boues +assemblages des tuyaux vers la sortie.
- K. Les travaux de finition

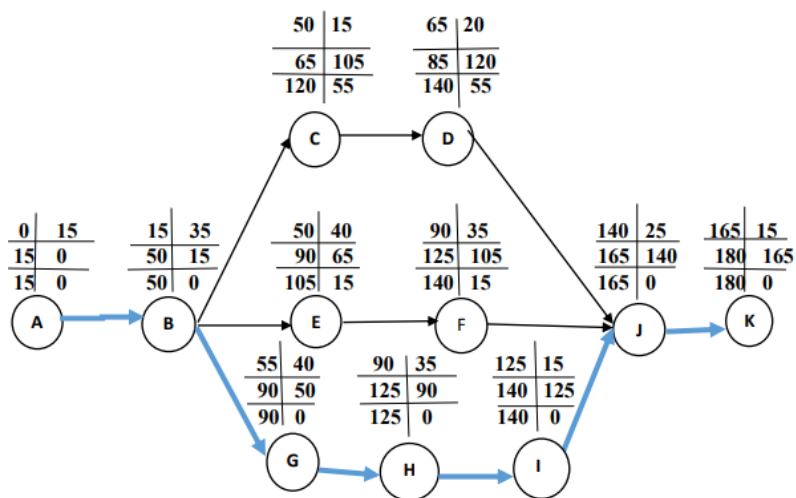


Figure V.3:réseau à nœuds pour la réalisation du projet

Remarque : pour les valeurs de Tr (temps de réalisation de l'opération), j'ai pris des chiffres approximatifs.

Le chemin critique est indiqué en bleu : A_B_G_H_I_J_K. La durée Totale de projet est estimée de : 180 jours.

Conclusion :

Ce chapitre a résumé les différentes procédures à prendre en charge pour la réalisation de notre projet étudié de l'organisation de chantier pour assurer le bon déroulement de la mise en œuvre, Nous avons estimé le coût du projet après avoir calculé le coût du béton armé et propriété (le coût d'investissement) et le coût de fonctionnement, Nous avons calculé la durée du projet par la méthode basée sur le réseau à nœud.

Conclusion Générale

Ce mémoire a exploré en profondeur deux éléments essentiels de la gestion de l'eau en Algérie : le dimensionnement des stations d'épuration des eaux usées et la réutilisation de ces eaux épurées en agriculture. Ces deux aspects sont étroitement liés, formant un duo puissant pour répondre aux défis complexes de la pollution de l'eau et de la pénurie d'eau auxquels l'Algérie est confrontée.

Dans la première partie de notre étude, nous avons plongé dans l'univers du dimensionnement des stations d'épuration. Nous avons constaté que le dimensionnement approprié de ces infrastructures est d'une importance cruciale pour assurer un traitement efficace des eaux usées. Cela implique la prise en compte de nombreux facteurs, tels que la capacité de traitement, les caractéristiques des eaux usées locales et les variations saisonnières. L'adaptation aux besoins et aux spécificités locales en Algérie est une clé du succès, car chaque région présente ses propres défis et exigences.

La deuxième partie de notre mémoire s'est penchée sur la réutilisation des eaux épurées en agriculture. Cette approche novatrice offre de multiples avantages, allant de la conservation de l'eau douce à la réduction de la pression sur les ressources hydriques naturelles. Elle contribue également à la sécurité alimentaire en fournissant une source d'eau fiable pour l'irrigation agricole. Cependant, sa mise en œuvre nécessite une attention particulière aux normes de qualité de l'eau et aux protocoles de traitement, afin de garantir la sécurité des produits agricoles et la santé publique.

En combinant ces deux aspects, nous avons démontré que le dimensionnement adéquat des stations d'épuration est un préalable indispensable à la réutilisation réussie des eaux épurées en agriculture. En planifiant ces deux étapes de manière coordonnée et en intégrant une approche holistique de la gestion de l'eau, l'Algérie peut réaliser d'importants progrès vers une utilisation durable de ses ressources hydriques.

Il est essentiel de souligner que la mise en œuvre de ces recommandations ne sera pas sans défis. Cela nécessitera une collaboration étroite entre les autorités gouvernementales, les acteurs locaux, les experts en traitement de l'eau et les agriculteurs. Cependant, les avantages potentiels en termes de préservation de l'environnement, de sécurité alimentaire et de santé publique en valent largement la peine.

En conclusion, ce mémoire témoigne de la complexité et de l'importance de la gestion de l'eau en Algérie. Le dimensionnement des stations d'épuration et la réutilisation des eaux épurées en agriculture représentent des étapes cruciales vers un avenir où l'eau est gérée de manière efficace et durable. En poursuivant ces objectifs avec détermination, l'Algérie peut non seulement relever les défis de la pollution de l'eau et de la pénurie d'eau, mais aussi tracer la voie vers une utilisation plus judicieuse et équilibrée de cette ressource vitale.

Bibliographie

- [1] K. A, Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision., 2001.
- [2] M. M. e. A. G, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, France: IPEMED, 2013.
- [3] CATE, Conseil nationale économique et social: l'eau en Algérie: le grand défi, Commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement, , 2000.
- [4] T. M, Les réalisations de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à, Ministère des ressources en eau, Algérie, 2013.
- [5] B. A, La politique nationale de l'eau en Algérie, istanbul: Euro-RIOB, 10ème, 2012.
- [6] L. Bouchaala, «RESSOURCES HYDRIQUES: TRAITEMENT ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE,» *Algerian Journal of Arid Environnement*, vol. 7, n° %11, pp. 84-95, 2017.
- [7] A. A, «l'Algérie se met hors de danger par 94 barrages et des ressources,» *Mon journal (DZ), Algérie*, p. 3, 2013.
- [8] H. T, *La réutilisation des eaux usées en irrigation: cas de la Mitidja*, rabat: Séminaire sur la modernisation , 2005.
- [9] A. S, «Algérie: sur les 300 stations d'épuration, seules 36 sont fonctionnelles,» *mon journal DZ*, p. 2, 2008.
- [10] APS, «L'Algérie aura 200 stations d'épuration d'eau en 2015 (ONA),» *Algérie press service*, p. 3, 2014.
- [11] ONA, «Documentation interne du service d'exploitation ONA. Office national d'assainissement,» 2014.
- [12] K. M. N, Potentiel Hydrique et énergies renouvelables en Algérie, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Unité de développement, 2013.
- [13] B. Mohammed, Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en, Montréal: Université du Québec, 2008.
- [14] c. Dresser et k. Mc, Guidline for water reuse, washington,DC: EPA, 2004.
- [15] F. J. María et . I. Restrepo, Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits, cali columbia: sustanability, 2017.
- [16] A.D.Patwardhan, Industrial wastewater treatment, Delhi: Eastern Economy Edition, 2017.

- [17] G. S.K, Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater, sri lanka: Industrial Wastewater, 2015.
- [18] A. Ambulkar, «Waste water treatment,» [En ligne]. Available: <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>. [Accès le 3 aout 2023].
- [19] . A. Jebin et . T. Abhijeet, Industrial Wastewater and its toxic effects, assam india: Royal Society of Chemistry, 2022.
- [20] C. s. e. t. BRGM, La réutilisation des eaux usées : un enjeu majeur du développement durable, Fiche de Synthèse Scientifique, 2010.
- [21] H. Abdelhakim, «GESTION ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVEE,» skikda, 2013.
- [22] M. RAFIKA, LA REUTILISATION DES EAUX USEE TRAITEES ET L'AGRICULTURE, Tlemcen: Les cahiers du MECAS, 2015.
- [23] J. WINPENNY, The Wealth of Waste, The economics of, Roma: Food And Agriculture Organization of The United Nations, 2010.
- [24] A. Sadowski, «methode de calcul d'une filiere de traitement-boues activées,» SHU ENGEES, 2002.
- [25] T. J. P. I. J. G. R. S. K. M. S.C. Kehoe, «Effect of agitation, turbidity, aluminium foil reflectors and container volume on the inactivation efficiency of batch-process solar disinfectors, Water Research 35 (2001,» 2001.
- [26] Katadyn, «France SA, BP 39, 77680 Roissy -en-Brie,,» France.
- [27] C. nouria, «Memoire fin d'etudes Dimensionnement et étude des performances de la station d'épuration des eaux usées de Bouira,» ENSH Blida, 2021.
- [28] M. v. Sperling, WASTEWATER CHARACTERISTICS,TREATMENT AND DISPOSAL, brazil: IWA.
- [29] Terchi.S, «Etude De L'impact De La Qualite Des Eaux D'irrigation Sur La Fertilité Du Sol, La Plante Et Le Rendement Des Systemes D'irrigation, Master En Hydraulique,,» , Ecole Nationale Superieure D'hydraulique -Arbaoui Abdellah-p 55, Blida, 2014.
- [30] R. S. Smedema K., «“land drainage”.abtsfordbookDOGAR M A., 1980. Méthodes d'analyses des sols salés alcalins, Polycopie,,» I.N.E.S.A., Batna, 1983.
- [31] B. H., «Evolution de la qualité géochimique des eaux souterrains utilisées dans l'irrigation et leur impact sur la dégradation des sols de la plaine du BasChélif,» Thèse de doctorat, UnivHassibaBenbouali de Chlef, Chlef, 2017.
- [32] G. A. CLEMENT R., «- Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression, Ed. Eyrolles,» 1979.

[33] T. B, «Manuel d'Hydrologie,» 2004.