



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles

THEME :

**DIAGNOSTIC ET ETUDE D'EXTENSION DE LA STATION
D'EPURATION DES EAUX USEES D'AIN EL HOUTZ
(WILAYA DE TLEMCEM)**

Présenté par :

M^r . BELLAHSENE Anas

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mme. LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examinatrice
Mme. BETATACHE Hayat	M.C.B	Examinatrice
Mr. KOLIAI Djaffar	Associé	Examineur
Mme. SALHI Chahrazed	M.C.B	Promotrice

Session : Juillet 2024

Dédicace

A mon très cher pèreÀ ma très chère mère

Quoi que je fasse ou quoi que je dise, je ne saurai point vous remercier comme il se doit, votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A ma sœur, pour ta présence constante et ton soutien précieux.

A ma très chère grand-mère

Tu es toujours prête à tous donner....Toujours prête à pardonner.....Toujours la plus courageuse et de loin la plus généreuse.

À ma tante.....ma deuxième mère, votre influence a été la clé de notre accomplissement. Je vous tiens à cœur pour toujours.

Toute ma famille

Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.

A tous mes amis à qui je souhaite le meilleur.

A tous ceux que j'aime....

Anas

Remerciement

Ce manuscrit de mémoire de fin d'étude est le résultat d'un travail de recherche de trois mois et quelques jours. Il n'aurait jamais pu voir le jour sans la présence, la collaboration, l'aide ou encore les conseils d'un grand nombre de personnes que je tiens ici à remercier.

Tout d'abord, je tiens à remercier les membres de mon jury pour avoir accepté d'évaluer la qualité de mon travail.

Mes remerciements s'adressent ensuite à ma enseignante et encadrante Mme C.SALHI pour sa confiance, pour sa patience, sa disponibilité, son soutien et ses conseils qui m'ont permis d'avancer sereinement pendant ces 3 mois.

Je tiens à remercier particulièrement Mr RAZI Chef de département d'assainissement a DHWT pour la proposition du thème et dont la rigueur scientifique, le professionnalisme et l'exigence m'ont permis de progresser jour après jour...

Ce travail comportait une part importante qui m'a permis de collaborer avec différentes personnes, sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Je tiens ainsi à remercier Mme SLIMANI, Mr SID AHMED et plus généralement l'ensemble des équipes de l'office National d'Assainissement Tlemcen (ONAT),

J'adresse également mes remerciements aux équipes de la direction d'hydraulique (DHW Tlemcen), Mr BENTAHER, Mme ZERHOUNI et WARDA, pour leur bonne humeur, leur aide au quotidien et pour les discussions enflammées.

Je remercie l'ensemble du personnel de la station d'épuration d'Ain El Houtz, Mme DOORMANE et Oussama les responsable et le chef de maintenance monsieur TAHRAOUI pour leur collaboration.

Merci aux équipes de l'Algérienne des eaux Tlemcen et Mansourah (ADE) et surtout Mr BEN ALLAL.

Merci à l'équipe de la SOGERHWIT, Mr Karim SEBAA et Mme ZENDAGUI, pour votre soutien et pour les données importantes que vous avez fournies.

Ensuite, je remercie l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE pour votre accompagnement tout au long de ces années.

J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation depuis l'école primaire jusqu'aux études universitaires.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué à la correction de ce travail.

A toutes ces personnes, merci infiniment !

Anas

ملخص

تواجه الجزائر تحديات تتعلق بتوافر المياه. وبالتالي، فإن اعتماد تقنيات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي له أهمية حاسمة في تلبية احتياجات قطاعها الزراعي. هذه الدراسة مخصصة لتشخيص شامل يستند إلى تحليل القدرات الاسمية والفعلية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة عين الحوت (تلمسان). نتيجة لارتفاع عدد السكان بالموازاة مع زيادة عدد المصانع في المنطقة يؤدي هذا الى زيادة كل من حجم و حمولة الملوثات الواردة الى المحطة لذلك تمت صياغة مقترحات للتوسيع والتحسين من أجل ضمان كمية ونوعية المياه اللازمة لدعم المحاصيل في محيط الحناية الزراعي .

الكلمات المفتاحية: إعادة الاستخدام، مياه الصرف، التشخيص، الإمتداد، القدرات .

Résumé

L'Algérie se trouve face à des défis liés à la disponibilité de l'eau. Par conséquent, l'adoption de technologies de réutilisation des eaux usées revêt une importance cruciale pour répondre aux besoins de son secteur agricole. Le présent travail est consacré au diagnostic global basé sur l'analyse des capacités nominales et réelles des ouvrages de la station d'épuration des eaux usées à Ain El Houtz (W. Tlemcen). En raison de l'augmentation de la population parallèlement à l'augmentation du nombre d'usines dans la région, cela entraîne une augmentation à la fois du volume et des charges des polluants entrant dans la station. C'est pourquoi des propositions d'extension et d'amélioration sont formulées afin de garantir la quantité et la qualité d'eau nécessaires pour soutenir les cultures de périmètre de Hennaya.

Mots clés : Réutilisation, Eaux usées, Diagnostic, Extension, Capacités.

Abstract

Algeria faces challenges related to water availability. Therefore, the adoption of wastewater reuse technologies is of crucial importance in meeting the needs of its agricultural sector. This study is dedicated to a comprehensive diagnosis based on the analysis of the nominal and actual capacities of the wastewater treatment plant in Ain El Houtz (Tlemcen). As a result of the increasing population alongside the rise in the number of factories in the region, this leads to an increase in both the volume and the load of pollutants entering the station. Therefore, proposals for extension and optimization are formulated in order to ensure the quantity and quality of water needed to support crops in the agricultural periphery of Hennaya.

Keywords : Reuse, Wastewater, Diagnosis, Extension, Capacities.

Liste des abréviations

Français	Anglais	Signification
ADE		Algérienne Des Eaux
ANRH		Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
CF	FC	Coliformes Fécaux
COT	TOC	Carbone Organique Total
CT	TC	Coliformes Totaux
DBO5	BOD5	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
DCO	COD	Demande Chimique en Oxygène
DRE		Direction des Ressources en Eaux
DN	ND	Diamètre Nominal
E Coli		Escherichia Coli
EH		Equivalent Habitant
ERU		Eaux Résiduaire Urbaines
GUT	TUA	Groupement Urbain de Tlemcen
MES	TSS	Matières En Suspension
MM		Matière Minérale
MMe		Matières Minérales éliminées.
MMr		Matières Minérales restantes.
MMS	SMM	Matières Minérales en Suspension
MO		Matières Organiques
MVS		Matières Volatiles en Suspension
N		Azote
NF		Nanofiltration
NGL	TN	Azote GLobal
NH ₄ ⁺		Ion ammonium
NTK	TKN	Azote Total Kjeldahl
NO ₂ ⁻		Ion nitrite
NO ₃ ⁻		Ion nitrate

ONA		Office National de l'Assainissement
ONID		Office National de l'Irrigation et du Drainage
P		Phosphore
ONS		Office National des Statistiques
PEHD		Polyéthylène Haute Densité
pH	HP	potentielle d'Hydrogène
	PO ₄ ³⁻	Ion phosphates
REUE	RTW	Réutilisation des Eaux Usées Epurées
STEP	WWTP	STation d'EPuration
SDEM	SDP	Station de Dessalement des Eaux de Mer
PT	TP	Phosphore Total
UTN	NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique
	UV	Radiations Ultraviolet

Liste des Symboles

Symbole	Signification
a_m	Coefficient de rendement cellulaire
a'	Fraction de pollution transformée.
b	fraction de la masse cellulaire éliminée par jour
b'	Coefficient cinétique de respiration endogène.
Ab	Age des boues
Q	débit
D	Diamètre
C°	degré Celsius
IM / Ib	Indice de Mohlman
T	Température
Ts	Temps de séjour
R	Taux de recirculation
Cp	Coefficient de pointe
Cm	Charge massique
Cv	Charge volumique
CE	Conductivité électrique
V	Volume
H	Hauteur
q	Besoin en oxygène
S	Surface
SAR	Sodium Adsorption Ratio
ΔX	Quantité de boue

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL.....1

I. Description de la zone d'étude

I.1	Introduction	5
I.2	Présentation de la zone d'étude	5
I.2.1	Situation géographique	5
I.2.2	Le relief	6
I.2.3	La Géologie.....	6
I.2.4	Hydrographie	7
I.2.5	Topographie	8
I.3	La Situation climatique.....	9
I.3.1	Choix de la station de référence	9
I.3.2	L'étude des paramètres climatologiques.....	9
I.4	Infrastructures hydrauliques	16
I.4.1	Les ressources hydrauliques du GUT	16
I.5	Alimentation en eau potable	19
I.5.1	Evolution des volumes d'eau.....	19
I.5.2	Rendement du réseau du GUT	19
I.5.3	Réseau de distribution.....	20
I.5.4	Problèmes spécifiques d'AEP	20
I.6	Assainissement	21
I.6.1	Industrie	21
I.7	Conclusion	22

II. Description de la station d'épuration d'Ain El Houtz

II.1	Introduction	24
II.2	Localisation géographique de la STEP d'Ain El Houtz	24
II.3	Données spécifiques de la station.....	24
II.3.1	Fiche technique de la station d'ain el houtz :.....	24
II.3.2	Capacité de traitement de la station d'épuration.....	25
II.3.3	La qualité des eaux épurées	26
II.4	Ouvrages de la station d'épuration	26
II.5	Caractéristiques des ouvrages.....	27
II.5.1	Ouvrages extérieur à la STEP	27
II.5.2	Ouvrages de Prétraitement	28
II.5.3	Ouvrages de traitement secondaire	32
II.5.4	Ouvrages de traitement tertiaire.....	35
II.5.5	Ouvrages de traitements des boues	36
II.6	Énergie.....	38

II.6.1	Poste de transformation.....	38
II.7	Illustrations graphiques.....	38
II.7.1	Schéma général de la station d'épuration	38
II.7.2	Plan général de la STEP.....	39
II.8	Conclusion	40
III. Diagnostic et analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP		
III.1	Introduction	42
III.2	Etudes des performances de la station.....	42
III.2.1	Qualité des eaux	42
III.2.2	Qualité de l'eau épurée.....	43
III.3	Principaux problèmes de la STEP de Ain el Houtz.....	50
III.3.1	Diagnostic des ouvrages.....	50
III.3.2	Capacité.....	54
III.3.3	Protection et la sécurité du travail	54
III.3.4	Environnement	55
III.4	Conclusion	55
IV. Etude d'extension de la STEP d'Ain El Houtz		
IV.1	Introduction	58
IV.2	Détermination de la capacité hydraulique de la station.....	58
IV.2.1	Calcul des besoins en eau	58
IV.3	Calcul des débits et des charges polluantes	59
IV.3.1	Calcul des débits.....	59
IV.3.2	Détermination des charges polluantes.....	61
IV.4	Dimensionnement des ouvrages (révision 2024 et extension 2054)	62
IV.4.1	Ouvrages de prétraitements	62
IV.4.2	Ouvrages de traitement secondaire	67
IV.4.3	Ouvrage de Traitement tertiaire	77
IV.4.4	Ouvrage de Traitement des boues	78
IV.4.5	Digesteur	81
IV.4.6	Lits de séchage	81
IV.4.7	Filtres à bandes presseuses.....	82
IV.4.8	Aire de stockage	83
IV.4.9	Présentation et analyse des résultats.....	84
IV.5	Analyse des résultats	85
IV.5.1	Etat actuelle 2024.....	85
IV.5.2	Extension.....	85
IV.6	Conclusion	86
V. Projection d'un traitement tertiaire et réutilisation agricole des eaux épurés		

V.1	Introduction	88
V.2	Qualité de l'eau épurée en vue d'une réutilisation agricole.	88
V.2.1	Analyse chimique de l'eau	88
V.3	Le traitement tertiaire	92
V.3.1	L'objectif du traitement tertiaire (Cas de la STEP d'Ain El Houtz)	92
V.3.2	Dimensionnement des ouvrages du traitement tertiaire	92
V.3.3	Le volume du bassin d'UV	97
V.4	Faisabilité de l'irrigation par les eaux de la STEP d'Ain El Houtz du périmètre de Hennaya	98
V.4.1	Présentation du périmètre de Hennaya	98
V.4.2	Etude du périmètre irrigué de Hennaya	99
V.4.3	Les cultures irriguées	100
V.4.4	Estimation des besoins	100
V.5	Conclusion	103

VI. Calcul hydraulique

VI.1	Introduction	105
VI.2	Données de base	105
VI.2.1	Débit déversée vers l'oued CHAABET EL HORA	105
VI.2.2	Diamètre du collecteur principal	105
VI.2.3	Les niveaux d'eau dans le collecteur principal	106
VI.2.4	La hauteur de remplissage correspondant au débit entrant	106
VI.2.5	La hauteur de remplissage correspondant au débit transitant vers la STEP.....	106
VI.2.6	La hauteur du seuil du déversoir	106
VI.2.7	Calcul de la longueur du déversoir	106
VI.3	Profil hydraulique :	107
VI.3.1	Côtes du terrain naturel des ouvrages d'extension	107
VI.3.2	Calcul des diamètres et les longueurs des conduites reliant les ouvrages de l'extension	107
VI.3.3	Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages d'extension	107
VI.3.4	Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages	108
VI.3.5	Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques.	108
VI.4	Conclusion	111

VII. Organisation de chantier

VII.1	Introduction	113
VII.2	Travaux de réparations et installation de chantier	113
VII.3	Installations destinées aux personnels	113
VII.4	Installations destinées au stockage des matériaux	113

VII.5 Installations destinées à la réparation des engins	113
VII.6 Moyens des travaux de chantier	114
VII.6.1 Moyens humains	114
VII.6.2 Moyens matériels	114
VII.6.3 Matériels de terrassement.....	114
VII.7 Devise estimatif et quantitatif.....	114
VII.7.1 Calcul du coût d'investissement.....	115
VII.7.2 Le Coût de fonctionnement.....	117
VII.7.3 Coût de renouvellement du matériel électromécanique	117
VII.7.4 Calcul du prix du m ³ d'eau traitée.....	117
VII.7.5 Calcul du prix du m ³ d'eau épurée	118
VII.8 Conclusion	118
CONCLUSION GENERALE.....	120
Bibliographie	122
Annexe.....	125

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Description de la zone d'étude

Tableau I.1 : Caractéristiques de la station climatologique de Tlemcen	9
Tableau I.2 : Températures moyennes maximales et minimales de la station de Tlemcen (1995-2020).....	9
Tableau I.3 : Précipitations moyennes annuelles à la station de Tlemcen (1995-2020).....	10
Tableau I.4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Tlemcen (1995-2020).....	11
Tableau I.5 : Indice d'aridité de Martonne concernant la station de Tlemcen	12
Tableau I.6 : Parcours du vent dans le GUT.....	13
Tableau I.7 : Vitesses moyennes mensuelles des vents	13
Tableau I.8 : Répartition des valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (1995 - 2020)	14
Tableau I.9 : Evolution de la population au niveau du GUT.....	15
Tableau I.10 : Taux d'accroissement démographique du GUT.....	15
Tableau I.11 : Pourcentage de population concerné par l'épuration.....	15
Tableau I.12 : Estimation de la population affectée par le système de traitement des eaux usées en 2023, 2024 et 2054.	16
Tableau I.13 : Barrages alimentant le GUT.....	16
Tableau I.14 : Quelque forage alimentant le GUT	17
Tableau I.15 : SDEM alimentant le GUT.....	18
Tableau I.16 : Quelques réservoirs alimentant le GUT	20

CHAPITRE II : Description de la station d'épuration d'Ain El Houtz

Tableau II.1 : Fiche technique de la station d'Ain El Houtz.....	25
Tableau II.2 : Capacité de traitement de la station d'épuration.....	25
Tableau II.3 : Tableau représentatif de la qualité des eaux épurées.....	26
Tableau II.4 : Tableau récapitulatif de la filière des eaux usées.	27
Tableau II.5 : Tableau récapitulatif de la filière des boues.	27
Tableau II.6 : Caractéristique du déversoir d'orage.	28
Tableau II.7 : Caractéristiques de la grille grossière manuelle.	29
Tableau II.8 : Caractéristiques de la grille fin mécanisée	30
Tableau II.9 : Caractéristiques de la grille de by-pass.....	30
Tableau II.10 : Caractéristiques de déssableur.	31
Tableau II.11 : Caractéristiques des bacs à sable.	32
Tableau II.12 : Caractéristiques de bassin de nitrification/dénitrification.	32
Tableau II.13 : Caractéristiques du bassin biologique.....	33
Tableau II.14 : Les équipements du bassin biologique	34
Tableau II.15 : Caractéristiques de bassin de décanteur secondaire.....	35
Tableau II.16 : Caractéristiques du bassin de chloration.....	36
Tableau II.17 : Caractéristiques d'épaississeur des boues	37
Tableau II.18 : Caractéristiques de lits de séchage.....	37
Tableau II.19 : Caractéristiques de poste de transformation.	38

CHAPITRE III : Diagnostic et analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP

Tableau III.1 : Les résultats des analyses moyens annuels physico-chimiques à l'entrée de la STEP d'Ain El Houtz..... 42

Tableau III.2 : Les résultats moyens annuels de l'eau épurée sortant de la STEP d'Ain El Houtz (2017-2023)..... 44

Tableau III.3 : Les normes d'irrigation en Algérie pour les eaux usées épurées 44

CHAPITRE IV : Etude d'extension de la STEP d'Ain El Houtz

Tableau IV.1 : Calcul des débits rejetés par le GUT. 59

Tableau IV.2 : Base de dimensionnement de la STEP pour les différents horizons. 62

Tableau IV.3 : Les données de base pour dimensionner le dégrillage grossier et fin. 63

Tableau IV.4 : Résultats du dimensionnement des dégrilleurs..... 64

Tableau IV.5 : Valeurs proposées pour le dimensionnement du dessableur. 65

Tableau IV.6 : Résultats du dimensionnement de dessableur 65

Tableau IV.7 : Pourcentage de MVS 66

Tableau IV.8 : Les valeurs de M_{me}, M_Ms, M_{ES}s 67

Tableau IV.9 : Classes du procédé du traitement biologique à boue activée 68

Tableau IV.10 : Résultat de dimensionnement du bassin d'aération..... 69

Tableau IV.11 : Les valeurs de la masse et la concentration des boues 69

Tableau IV.12 : Vitesses de dénitrification exogène en fonction du rapport NTK/DBO₅ 70

Tableau IV.13 : Résultat de dimensionnement du bassin d'anoxie..... 71

Tableau IV.14 : Valeurs de a' et b' en fonction du type de charge massique 71

Tableau IV.15 : Les besoins en oxygène 72

Tableau IV.16 : La puissance nécessaire pour le brassage..... 73

Tableau IV.17 : Calcul de la quantité de boues 74

Tableau IV.18 : Résultats du bilan des boues..... 75

Tableau IV.19 : Les dimensions du clarificateur..... 77

Tableau IV.20 : Bilan des quantités de chlore 78

Tableau IV.21 : Les dimensions du bassin de désinfection..... 78

Tableau IV.22 : Indice de MOHLMAN en fonction du MES 79

Tableau IV.23 : Les dimensions de l'épaississeur..... 81

Tableau IV.24 : Les dimensions des lits de séchage. 82

Tableau IV.25 : Les Caractéristiques de filtre à bande presseuse 83

Tableau IV.26 : Comparaison des dimensions (Partie 1) 84

Tableau IV.27 : Comparaison de dimensions (Partie 2)..... 85

CHAPITRE V : Projection d'un traitement tertiaire et réutilisation agricole des eaux épurés

Tableau V.1 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique..... 89

Tableau V.2 : Concentrations de métaux lourds et d'éléments toxiques détectés dans les eaux usées traitées 90

Tableau V.3 : Données microbiologiques dans les effluents de la STEP 91

Tableau V.4 : Eléments chimiques pour le calcul de SAR..... 91

Tableau V.5 : Classement des eaux selon le SAR. 92

Tableau V.6 : Propriétés du lit de filtration 94

Tableau V.7 : Caractéristique des fluides du rétro-lavage 94

Tableau V.8 : Les dimensions du filtre rapide à sable.....	95
Tableau V.9 : Transmittance et absorbance pour différents types d'eau.....	97
Tableau V.10 : Les données de base pour calculer la dose moyenne de la dose d'UV.....	97
Tableau V.11 : Les dimensions du bassin d'UV.....	98
Tableau V.12 : Caractéristiques du système d'irrigation Hennaya.....	99
Tableau V.13 : Évolution des superficies et des cultures du périmètre irrigué de Hennaya	100
Tableau V.14 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.....	101
Tableau V.15 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.....	101
Tableau V.16 : Récapitulatif des besoins nets.....	102

CHAPITRE VI : Calcul hydraulique

Tableau VI.1 : Cotes moyenne du terrain naturel de la zone d'implantation des ouvrages d'extension.....	107
Tableau VI.2 : Longueurs des conduites entre les ouvrages d'extension.....	108
Tableau VI.3 : Récapitulatif des résultats :.....	111

CHAPITRE VII : Organisation de chantier

Tableau VII.1 : Le cout de terrassement de chaque ouvrage.....	115
Tableau VII.2 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage d'extension.....	116
Tableau VII.3 : Estimation le coût du projet.....	118

Liste des figures

CHAPITRE I : Description de la zone d'étude

Figure I.1 : Situation géographique du secteur d'étude.	6
Figure I.2 : Situation hydrographique du GUT.....	8
Figure I.3 : Carte d'élévations de GUT	8
Figure I.4 : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Tlemcen	9
Figure I.5 : Variations des précipitations moyennes annuelles à la station De Tlemcen.....	11
Figure I.6 : Représentation graphique des moyennes mensuelles des précipitations	11
Figure I.7 : Diagramme ombrothermique de la zone d'étude.....	12
Figure I.8 : Représentation graphique des moyennes mensuelles de la vitesse des vents	14
Figure I.9 : Représentation graphique des moyennes mensuelles de l'humidité relative du GUT	14
Figure I.10 : Les ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tlemcen.....	17
Figure I.11 : Evolution des volumes d'eau du 1er trimestre au niveau du GUT.....	19
Figure I.12 : Evolution des rendements du 1er trimestre au niveau du GUT	19
Figure I.13 : Eaux usées de SOITEX.....	22

CHAPITRE II : Description de la station d'épuration d'Ain El Houtz

Figure II.1 : Photo panoramique de la STEP	24
Figure II.2 : Déversoir d'orage	28
Figure II.3 : la grille grossière manuelle.....	29
Figure II.4 : Les dégrilleur mécanisées	29
Figure II.5 : Le déssableur-déshuileur	31
Figure II.6 : Les bacs à sable	32
Figure II.7 : Le bassin d'aération.....	33
Figure II.8 : Décanteurs secondaires	34
Figure II.9 : bassin de chloration	35
Figure II.10 : Vis de recirculation	36
Figure II.11 : Epaisseur	37
Figure II.12 : Aire de stockage	38
Figure II.13 : Schéma générale de la STEP.....	39
Figure II.14 : Le plan de la STEP d'Ain El Houtz	40

CHAPITRE III : Diagnostic et analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP

Figure III.1 : Variation moyenne du la Température de l'eau à la sortie de la STEP	45
Figure III.2 : Variation moyenne annuelle du pH de l'eau à la sortie de la STEP.....	45
Figure III.3 : Variation moyenne annuelle du la DBO ₅ de l'eau à la sortie de la STEP	46
Figure III.4 : Variation moyenne annuelle du la DCO de l'eau à la sortie de la STEP.....	46
Figure III.5 : Variation moyenne annuelle du la MES de l'eau à la sortie de la STEP.....	47
Figure III.6 : Variation moyenne annuelle du PO ₄ de l'eau à la sortie de la STEP.....	48
Figure III.7 : Variation moyenne annuelle du nitrates NO ₃ ⁻ de l'eau à la sortie de la STEP	48
Figure III.8 : Variation moyenne annuelle de l'azote ammoniacal NH ₄ ⁺ de l'eau à la sortie de la STEP	49

Figure III.9 : Variation moyenne annuelle de NO_2^- de l'eau à la sortie de la STEP.....	49
Figure III.10 : Variation moyenne annuelle de la conductivité de l'eau à la sortie de la STEP	50
Figure III.11 : Etat du déssableur-déshuileur	51
Figure III.12 : Etat de la vanne murale	52
Figure III.13 : Etat du tapis roulant	53
Figure III.14 : Débitmètre de la sortie	54
Figure III.15 : l'escalier de la chambre des moteurs vers des vis.....	54
Figure III.16 : Couvertures des passages de câbles	55
Figure III.17 : Couloirs de circulation des travailleurs	55
CHAPITRE V : Projection d'un traitement tertiaire et réutilisation agricole des eaux épurés	
Figure V.1 : Les rejets de la STEP d'Ain El Houtz	88
Figure V.2 : Principe de fonctionnement (service et lavage) de l'Aquazur V	96
Figure V.3 : Délimitation du périmètre de Hennaya.....	98

Liste des Planches

Planche 1 : Plan d'ensemble de la station d'épuration d'Ain El Houtz

Planche 2 : Plan des ouvrages d'extension

Planche 3 : Profil hydraulique

Planche 4 : Plan des ouvrages de traitement tertiaire

Introduction

Générale

Introduction général

L'eau est un bien précieux qui est soumis à différentes pollutions et dégradations : cela a un impact direct sur les écosystèmes et la santé des individus. Les contaminants de l'eau proviennent de différentes sources : industrielles, domestiques ou agricoles. Au fil des dernières décennies, l'eau, qu'elle soit potable ou non, à des fins agricoles, industrielles ou domestiques, a toujours été un sujet de recherche scientifique essentiel

Le problème environnemental du traitement des eaux usées est devenu une préoccupation majeure à l'échelle mondiale, ce qui encourage le développement de méthodes visant à améliorer la qualité des eaux rejetés dans les milieux récepteurs. En raison du manque de ressources hydriques, l'Algérie se trouve parmi les pays les plus défavorisés, ce qui est aggravé par la sécheresse et les phénomènes de pollution urbaine, industrielle et agricole.

Il est essentiel de traiter ces rejets pour combattre leurs effets néfastes. Plusieurs méthodes de traitement sont employées, qu'elles soient biologiques (lagunage naturel ou aéré, boues activées ou lits bactériens), physicochimiques (coagulation-floculation, précipitation ou oxydation) ou membranaires (osmose inverse, nano filtration ou électrodialyse) [18].

Les stations de traitement des eaux usées par boues activées sont l'une des méthodes les plus courantes pour atteindre plusieurs objectifs, notamment la protection de l'environnement extérieur. Elles sont également une source importante d'eau, surtout dans les régions souffrant d'une pénurie sévère de cette ressource vitale. De plus, elles sont destinées à des utilisations variées telles que l'irrigation, l'usage industriel et l'eau potable. Ces dernières requièrent des investissements considérables, une technicité élevée, une variété d'équipement et une consommation énergétique considérable (aérateurs, brasseurs, compresseurs, vis de recirculation...).

En effet pour beaucoup de stations la qualité de l'effluent ne répond pas aux contraintes imposées au moment de leur réalisation du fait de problème de surcharge ou de sous-capacité notamment. Surtout avec l'évolution des normes de rejet et d'irrigation qui sont liée à la prise en compte de nouveaux critères (azote et/ou phosphore). L'ensemble des travaux qui découlent de ces besoins peuvent être désignées comme la mise a niveaux d'une station visant bien aussi l'augmentation de ca capacité que l'amélioration de ces performances [11].

L'objectif de ce travail consistait à faire un diagnostic général à partir de l'analyse des capacités nominales et réelles des ouvrages, on s'intéresse aussi équipements électromécaniques, mais également le génie civil des installations .Parallèlement des travaux d'extension et d'amélioration sont proposées pour permettre à la station de mieux respecter les objectifs qui leur sont assignés , l'ensemble de c'est travaux peuvent être désignés comme la mise a niveaux de station visant bien aussi l'augmentation de ca capacité que l'amélioration de ces performances.

Ce travail s'intéresse aussi à l'évaluation de la capacité de la station à fournir la quantité et la qualité d'eau nécessaires pour l'irrigation des cultures agricoles.

L'étude a été effectuée sur la station d'épuration d'Ain El Houtz dans la wilaya de Tlemcen qui est l'une des plus importantes et des plus grandes stations au niveau de la wilaya. Elle traite actuellement une quantité considérable des eaux usées des résidents du Groupement Urbain de Tlemcen (GUT) et fournit également une quantité d'eau adéquate dans le but d'irriguer les plaines de Hennaya.

Ce travail se structure autour de sept (07) chapitres. Chaque chapitre est relié aux autres.

Le premier chapitre s'articule sur les caractéristiques géologiques et les conditions météorologiques avec des informations détaillées sur la zone d'étude. Le deuxième chapitre met en avant les caractéristiques des ouvrages de la STEP suivies des étapes de traitement, Ensuite le troisième chapitre s'intéresse à l'étude des performances nominales et réelles des ouvrages de la station. Le quatrième chapitre se focalise sur la révision des dimensions de la station à l'état actuelle (2024) puis le dimensionnement des ouvrages de l'extension pour l'horizon 2054. De plus le cinquième chapitre analyse la capacité de la station à fournir la quantité et la qualité d'eau nécessaires pour l'irrigation des cultures du champ de Hennaya, avec des propositions de solutions pour améliorer la qualité de cette eau par la projection d'un traitement tertiaire. Par ailleurs le sixième chapitre concernant la partie relative au calcul hydraulique. En fin le dernier chapitre dans ce travail présente une estimation globale du montant des travaux d'extension dans la station.

Enfin, les principaux résultats obtenus au court de ce travail et les recommandations supplémentaires sont présentés dans la conclusion générale.

Chapitre

I

Description de la zone d'étude

I. Description de la zone d'étude

I.1 Introduction

Avant tout projet l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception du projet. Ainsi que la manière dont ce projet peut affecter ce site. La région de l'étude se distingue par des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, hydrographiques et hydrologiques jouent un rôle crucial dans l'influence du climat, la répartition de la population dans la région et les habitudes de consommation spécifiques de l'eau. (Dotation), Tous ces facteurs seront étudiés dans ce chapitre.

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

A. Wilaya de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen se situe à l'extrême ouest de l'Algérie. Entre le 34°25' et 35°25' de latitude entre 0°55' et 2°30' de longitude Ouest (Figure II.1) .Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par le royaume du Maroc, au nord-est et à l'est par les wilayas de Aïn-Témouchent et de Sidi Bel Abbès, et au sud par la wilaya de Naâma. La wilaya de Tlemcen regroupe actuellement et depuis le découpage administratif de 1991, vingt (20) daïras et cinquante-trois (53) communes dont le chef-lieu de wilaya est Tlemcen. Elle s'étend sur une superficie de 9 017.69 km² du littoral au Nord à la steppe au Sud constituant ainsi un paysage diversifié [1].

B. La zone d'étude

La zone d'étude est située dans Trois 03 communes qui se trouve au centre de la Wilaya de Tlemcen :

- La commune de Tlemcen
- La commune de Chetouane
- La commune de Mansourah

➤ Le Groupement urbain de Tlemcen (GUT)

Le groupement des communes de : Tlemcen, Chetouane et Mansourah occupe **112,20 km²** constituant le bassin intérieur de Tlemcen, regroupant une population de **304823** (année 2023) habitants (ONA, 2024) avec un taux d'accroissement moyen de 2.34% (ONS, 2008). Il est limité au sud par la falaise de Lalla Setti, au nord par la haute colline d'Ain El Houtz, à l'est par Oum El Allou et à l'ouest par les monticules de Beni Mester , son territoire est formé d'un ensemble de milieux naturels se succédant d'une manière grossièrement parallèle avec, au nord, la chaîne montagneuse des Trara, au sud, les plaines et plateaux limités par les monts de Tlemcen et la zone steppique qui s'étend jusqu'aux frontières avec la wilaya de Naâma [1].

➤ La commune de Tlemcen

Tlemcen est une commune de la wilaya de Tlemcen, dont elle est le chef-lieu, elle est à quelques **50 km de la frontière du Maroc** et sa distance à la mer méditerranée est de **40 km**. Comme de nombreux centres traditionnels établis sur un site difficilement accessible, elle est adossée au flanc nord de l'Atlas Tellien qui traverse l'ensemble du Maghreb arabe

➤ La commune de Chetouane

La commune de Chetouane se situe au Nord de la wilaya de Tlemcen avec une altitude moyenne de **574 m**. Elle est limitée au Nord Est par la commune d'Aimeur, au Nord-Ouest par la commune de Hennaya, au Sud-Ouest par la commune de Tlemcen et au Sud Est par la commune d'Ain Fezza[2].

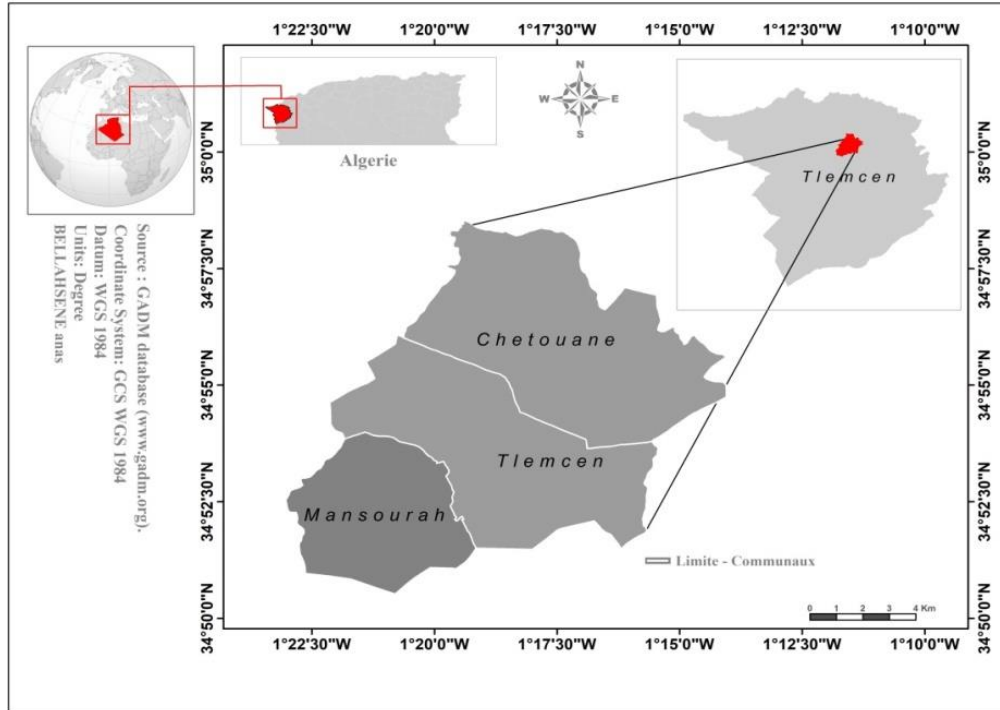


Figure I.1 : Situation géographique du secteur d'étude.

I.2.2 Le relief

Le groupement des communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane est implanté à la limite nord du massif jurassique des monts de Tlemcen et s'ouvre sur les plaines des plateaux intérieurs. L'espace du groupement est très contrasté avec des monts boisés et de riches plaines agricoles.

Ainsi, le groupement urbain de Tlemcen est limité au sud par une barrière physique représentée par le plateau de Lalla Setti qui forme un relief vigoureux culminant à 1025 m et constitue un ensemble de sites d'une remarquable beauté prolongé au nord par une série de jardins suspendus, surplombant la plaine agricole de Hennaya. Cependant, cette dépression ouverte est entre coupée par une série de collines disposées en forme croissant à l'altitude peut élever variant de 750 m à l'ouest et 500 m à l'est (Oum El allou, Djebel Ain El Houtz 651 m, Djebel Boudjlida 650 m, Koudia 679 m, Djebel Tifatisset 874 m, Djebel El Ogab 882 m, Djebel Boudjemil, Dhar El Meridjel 771 m, Djebel El Hadidi 676 m, Djebel Mallal 802 m) [3].

I.2.3 La Géologie

Le territoire étudié (Groupement Tlemcen-Mansourah-Chetouane) est située au pied des monts de Tlemcen, il est caractérisé par une géologie complexe et diversifiée. Ainsi, on y observe une succession de formations datées du Primaire jusqu'au Quaternaire [1].

Le domaine étudié est compris entre les horsts de Ghar Roubane à l'Ouest et le môle de Tiffrit à l'Est. Il est constitué de terrains d'âge Jurassique supérieur et Eo-Crétacé. Le Lias et le Jurassique moyen n'affleurent que dans la partie occidentale, par contre le Trias n'apparaît qu'en faveur de structures diapiriques. Au nord des monts de Tlemcen le jurassique s'enfouit très rapidement sous des épaisseurs importantes du Miocène essentiellement marneux. Ceci a été mis en évidence par diverses études géophysiques par sondages électriques menées.

Dans la région .Au sud, le jurassique disparaît aussi sous les dépôts néogènes essentiellement conglomératiques appelées conglomérats des hauts plateaux. Dans les monts de Tlemcen, les dépôts du Plio-Quaternaire ne sont présents que dans les fossés d'effondrement et les dépressions, tel que le fossé de Sebdou et le plateau de Terni. Dans le bassin miocène, seuls les grès tortonien et les conglomérats plio-quaternaires sont aquifères et alimentent quelques sources à faible débit. Les seuls niveaux intéressants sont les formations calcaréo-dolomitiques de Tlemcen et de Terni[4].

I.2.4 Hydrographie

Le réseau hydrographique du GUT est représenté essentiellement par Oued El Ourit situé au Sud-est de la commune de Tlemcen en amont. En aval, il est rejoint par d'autres cours d'eau et prend alors le nom d'Oued Saf-Saf. Ainsi les composantes naturelles du chevelu hydrographique du groupement sont comme suit :

- **L'Oued El Horra** : au centre drainant la totalité des eaux usées de la ville de Tlemcen ;
- **L'Oued Sikkak**, au Nord de Ain El Houtz, son cours d'eau suit sensiblement l'axe Nord-sud de la ville de Tlemcen ;
- **Le talweg de Metchkana**, apparaît à l'Est de la ville de Tlemcen, il rejoint l'Oued Saf-Saf au niveau de la commune de Chetouane. Il existe un autre talweg encaissé à la limite ouest de la ville de Tlemcen : talweg Makhoukh drainant les eaux de la commune de Mansourah. Enfin un réseau régulier de ruisseaux constitue un éventail de petits talwegs vers le Nord-Ouest et le Nord-est de la ville de Tlemcen. Notons que tous ces Oueds font partie du grand bassin versant de la Tafna [5].

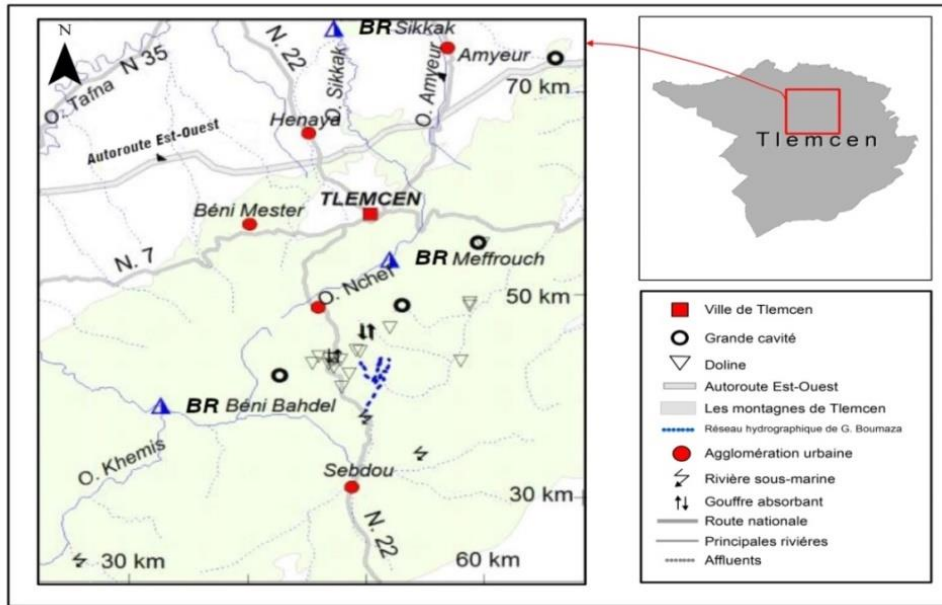


Figure I.2 : Situation hydrographique du GUT [6].

I.2.5 Topographie

La topographie du groupement urbain de Tlemcen est constituée essentiellement d'un terrain accidenté avec des altitudes variant de 600 à 1100 m avec des dénivelées importantes ce qui crée des étages d'altitude de 100 à 500 m. L'occupation du sol est à dominance urbaine. L'espace bâti du groupement urbain de Tlemcen se confond presque avec les limites communales, il occupe près de 5200 ha soit 47% de la superficie totale [2].

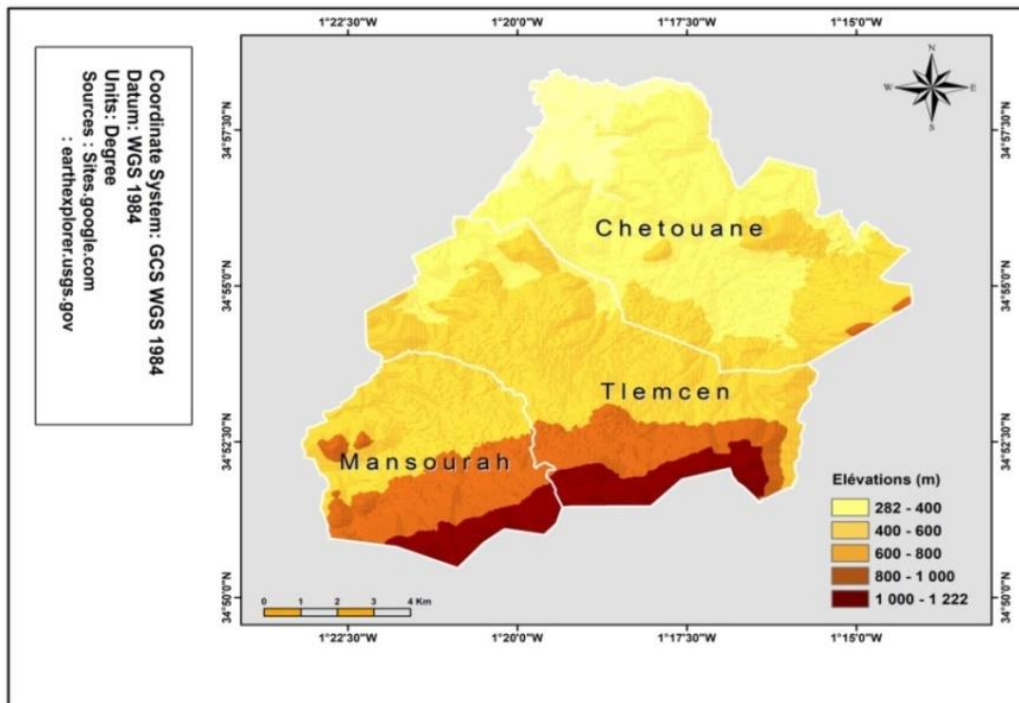


Figure I.3 : Carte d'élévations de GUT

I.3 La Situation climatique

I.3.1 Choix de la station de référence

Afin d'obtenir une bonne précision des paramètres climatiques, le choix de la station de référence est important, dans ce travail, nous allons déterminer le type du climat de la région d'étude, on se base sur les données climatologiques la station de Tlemcen qui est la plus représentative, elle caractérisée par les éléments suivants :

Tableau I.1 : Caractéristiques de la station climatologique de Tlemcen

Nom	Altitude (m)	Code	Coordonnées		Période d'observation	Nombre d'observation
	832		latitude	longitude		
Tlemcen		160724	34°53'22" N	01°19'58" W	1995 à 2020	25 ans

Source : ANRH Tlemcen

I.3.2 L'étude des paramètres climatologiques

I.3.2.1 La température

La température constitue un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Elle régit directement le climat, en interaction avec les autres facteurs météorologiques et biogéographiques.

Tableau I.2 : Températures moyennes maximales et minimales de la station de Tlemcen (1995-2020)

T (°C)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Moy/an
Min	16.8	14	9.5	6.9	5.8	6.1	7.8	9.6	12.7	15.9	19.1	19.7	12.00
Max	29.4	25.7	19.3	16.3	15.5	16.3	18.9	21.2	24.3	29.7	33.2	33.5	23.60
Moy	22.9	19.5	14.2	11.2	10.5	11.2	13.4	15.5	18.8	23.1	26.2	26.5	17.80

Source : ANRH Tlemcen

On peut présenter ce tableau dans le graph suivant :

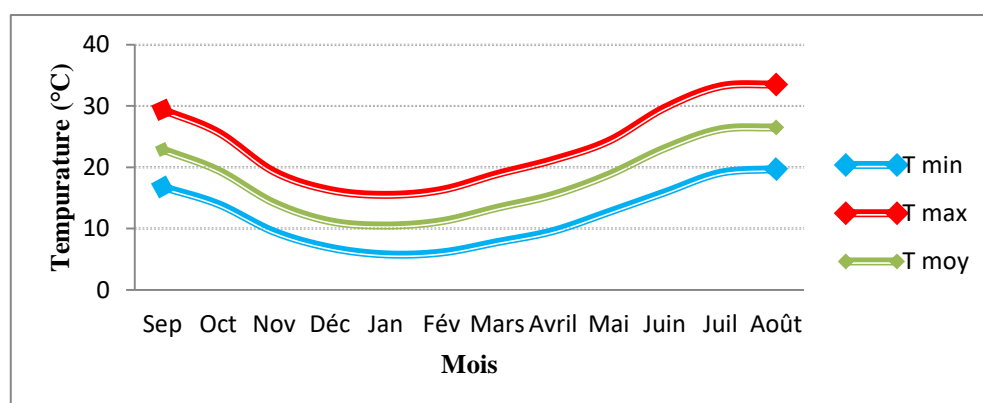


Figure I.4: Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Tlemcen (1995-2020)

La région étudiée influencé par un climat méditerranéen avec une saison chaude en été, et autre froide en hiver [2].

Selon l'analyse du tableau I.2 et de la figure I.4 il est observé que la température moyenne mensuelle atteint son apogée pendant les mois de Juillet-Août (26.2 et 26.5°C). En revanche le minimum est enregistré au mois de Janvier avec une température de 10.5°C, Cependant à un minimum de 5.8 °C. La température moyenne maximale oscille entre 33.2 °C à 33.5°C.

I.3.2.2 Les précipitations

Les précipitations sont définit comme toutes les eaux météoriques qui tombe sur la surface de la terre que soit sous forme liquide (Pluie, averse), ou sous forme solide (neige, grêle), Ces phénomènes son provoqué par des variations de température ou de pression Les précipitations jouent un rôle essentiel dans les systèmes hydrologiques continentaux, alimentant les bassins versants. La région étudiée jouit d'un régime pluviométrique complexe ou les précipitations varient fortement d'une année à une autre influencé par un climat méditerranéen avec une saison sèche en été, et autre pluvieuse en hiver [2],[7].

A. Précipitations moyennes annuelles

Tableau I.3: Précipitations moyennes annuelles à la station de Tlemcen (1995-2020)

Année	P (mm)	Année	P (mm)
1995-1996	660.2	2008-2009	817.1
1996-1997	409.7	2009-2010	605.9
1997-1998	528.2	2010-2011	584.7
1998-1999	474.5	2011-2012	492
1999-2000	338.8	2012-2013	1002.4
2000-2001	466.1	2013-2014	658.6
2001-2002	577.6	2014-2015	577.1
2002-2003	548.1	2015-2016	561.4
2003-2004	637.3	2016-2017	408.3
2004-2005	376.6	2017-2018	310.4
2005-2006	461.3	2018-2019	283
2006-2007	403.8	2019-2020	314.2
2007-2008	376.3	/	/

Source : ANRH Tlemcen

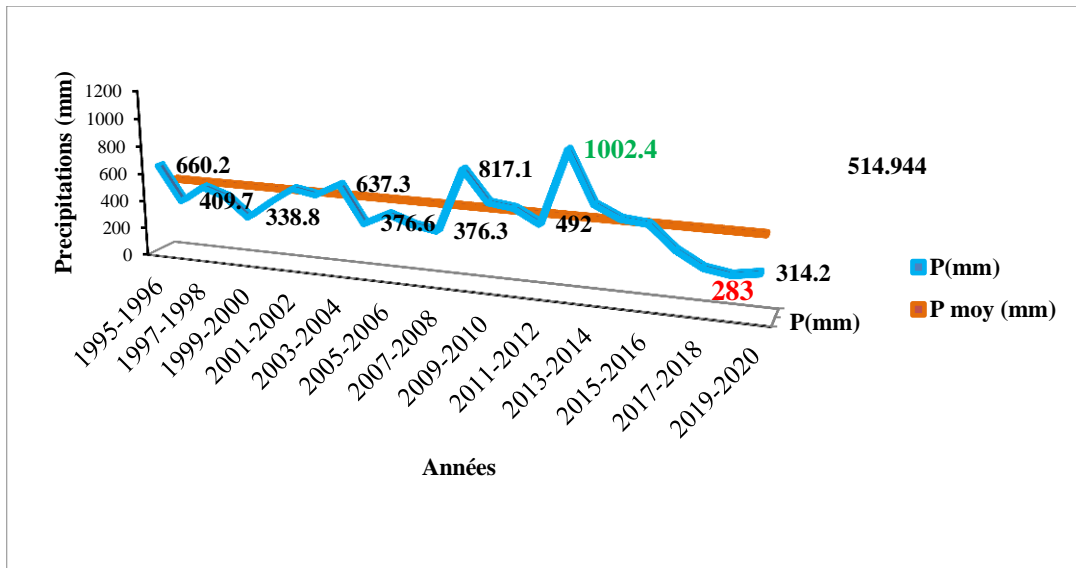


Figure I.5 : Variations des précipitations moyennes annuelles à la station De Tlemcen (1995-2020).

D'après la figure I.5:

- Le maximum est enregistré en 2012 - 2013 avec 1002.4 mm
- Le minimum est enregistré en 2018 - 2019 avec 283 mm
- La moyenne annuelle des précipitations est de 514.9 mm

B. Précipitations moyennes mensuelles

Tableau I.4: Précipitations moyennes mensuelles à la station de Tlemcen (1995-2020).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Jun	Jul	Aout
P(mm)	27.0	49.0	72.4	66.4	74.3	61.1	53.2	55.9	42.1	7.1	2.6	5.8

Source : ANRH Tlemcen

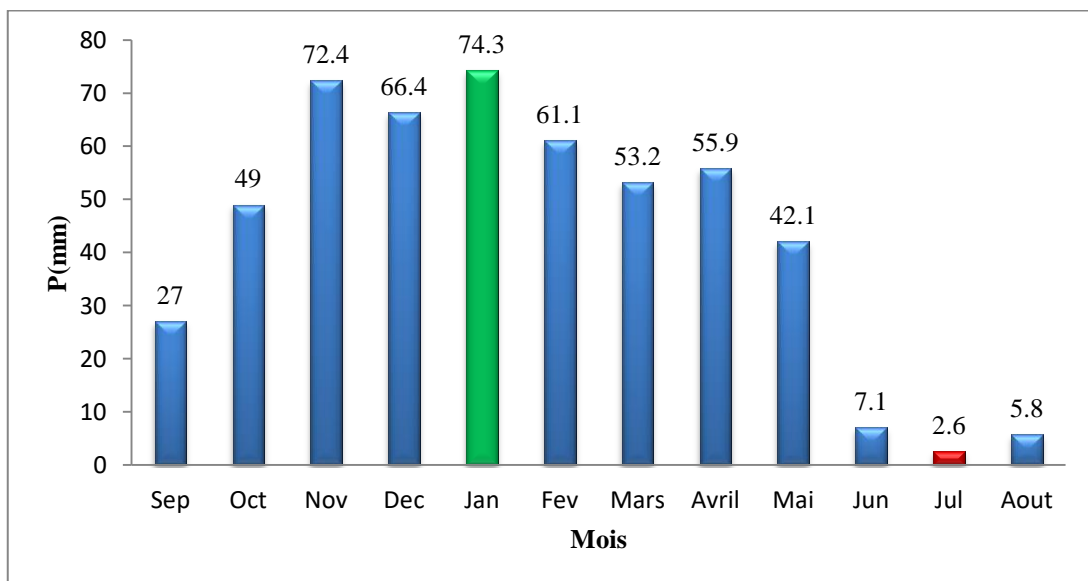


Figure I.6: Représentation graphique des moyennes mensuelles des précipitations

Cette répartition montre que le mois de janvier est le plus humide avec **74.3 mm**, tandis que le mois de Juillet est le plus sec, avec seulement **2,6 mm**.

I.3.2.3 Classification du climat

A. La courbes Ombrothermique (Diagramme de Bagnouls et Gausсен) :

Afin d'évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche au cours de l'année dans le GUT on utilise sur ce diagramme qui est basé sur la formule :

$$P=2T \quad (I. 1)$$

La courbe des températures passe au-dessus de celles des précipitations pendant les mois secs, alors que pour les mois humides, la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures.

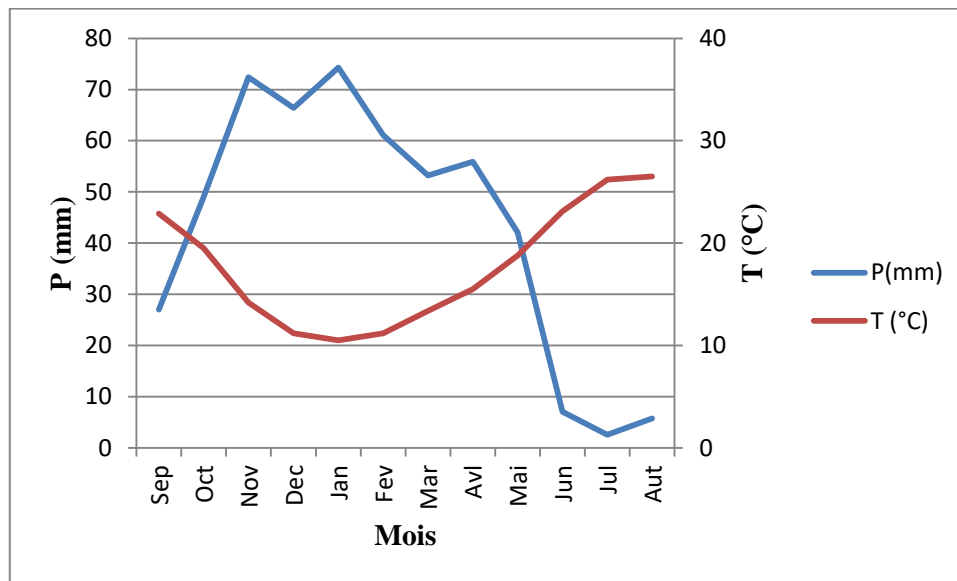


Figure I.7: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude

D'après le diagramme :

- La période humide : s'étend du début Octobre à la fin du mois de Mai.
- La période sèche : occupant les autres mois de l'année (Juin, Juillet, Aout et Septembre).

B. L'indice d'aridité de MARTON (IA)

L'indice de MARTONNE est donné par l'expression suivante :

$$IA = \frac{P}{T+10} \quad (I. 2)$$

IA : indice de MARTONNE

P : précipitation annuelle totale de la région en (mm/an).

T : température moyenne annuelle en (°c)

Dans notre cas, nous avons :

Tableau I.5 : Indice d'aridité de Martonne concernant la station de Tlemcen

P_{moy} (mm)	T_{moy} (°C)	I (mm/°C)
514.9	17.8	18.52

On constate d'après la classification présentée ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat semi-aride.

I.3.2.4 La situation du vent

Les directions principales du vent sont présentées dans le tableau I.6

Tableau I.6 : Parcours du vent dans le GUT

	MOIS												Moy Ann
	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	Mar	AVR	Mai	JUN	JUL	AUT	
Direction 1	NO	OSO	OSO	OSO	OSO	O	O	O	ONO	NO	NO	NO	O
Direction 2	ONO	O	O	SO	O	OSO	ONO	ONO	NO	N	N	N	ONO
Direction 3	NNO	SO	So	SSO	SO	SO	OSO	NO	N	ONO	ONO	NNO	*

Source : power.larc.nasa.gov

O : Ouest, S : Sud, N ; nord, E : Est.

Direction (1) : C'est la direction la plus fréquente du vent ;

A travers le tableau I.6, il est clairement évident que le vent provient du sud-ouest en automne Puis commencent progressivement à changer de direction pour devenir occidentaux pendant l'hiver et le printemps. Enfin, ils se transforment en vents nord-ouest pendant l'été.

Le tableau I.7 présente les vitesses moyennes du vent dans le GUT sur une période de 25 ans.

Tableau I.7 : Vitesses moyennes mensuelles des vents

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAY	JUN	JUL	AUT	Moy ANN
Vitesse (Km/h)	11.52	12.3	14.74	14.89	14.92	15.15	14.66	14.29	13.02	11.99	11.17	11.23	13.31

Source : power.larc.nasa.gov

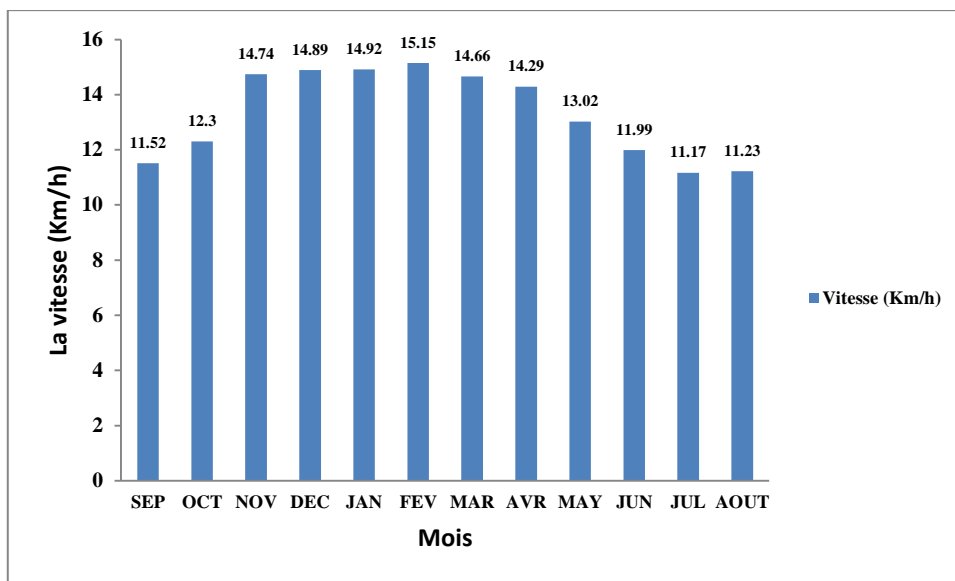


Figure I.8 : Représentation graphique des moyennes mensuelles de la vitesse des vents

D'après le tableau I.7 et la Figure I.8:

La vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l'année, en oscillant entre une valeur minimale en Juillet de l'ordre 11.17 Km/h et une valeur maximale de 15.15 Km/h en Février, la vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 13.31 Km/h.

I.3.2.5 L'humidité

Tableau I.8 : Répartition des valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (1995 - 2020)

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAY	JUN	JUL	AUT	Moy ANN
HR (%)	58.64	60.85	68.8	72.43	72.25	69.96	66.34	64.34	59.94	53.08	46.81	48.7	61.79

Source : power.larc.nasa.gov

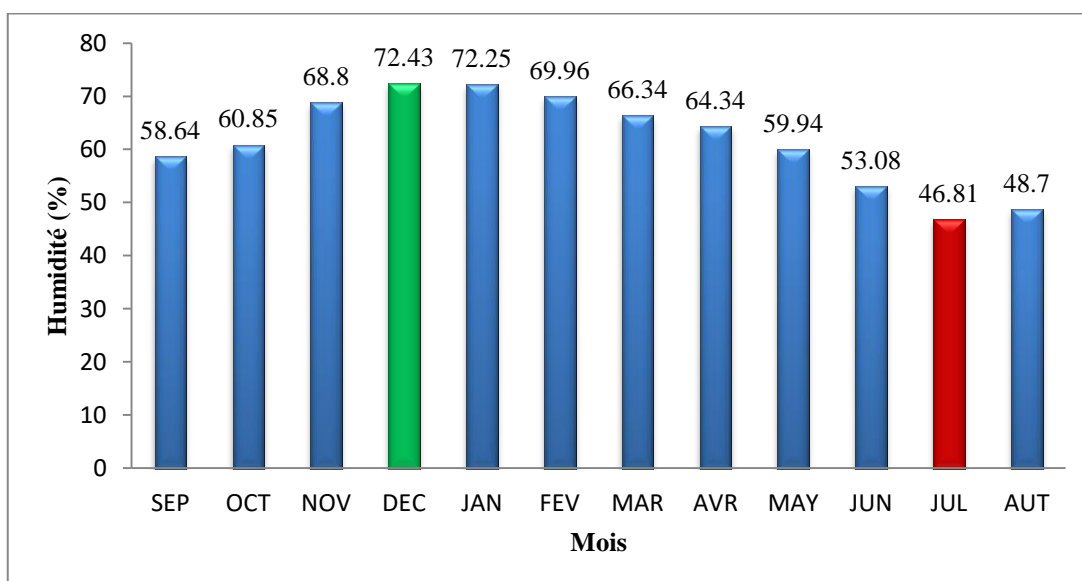


Figure I.9: Représentation graphique des moyennes mensuelles de l'humidité relative du GUT

HR : humidité relative

L'humidité moyenne mensuelle affiche une légère variation tout au long de l'année, fluctuant entre un minimum d'environ 46.81% en juillet et un maximum de 72% en Décembre et janvier, la moyenne annuelle s'établit aux alentours de 61.79 %.

I.3.2.6 Situation démographique

Les données de la population du GUT de l'année 2023 sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau I.9 : Evolution de la population au niveau du GUT

Région	Population (2023)
Tlemcen	153115
Mansoura	77979
Chetouane	73729
TOT	304823

Source : ONA Tlemcen ,2024

Les différentes valeurs du taux d'accroissement démographique sont présentées dans Tableau I.10 :

Tableau I.10 : Taux d'accroissement démographique du GUT

Commune	Taux d'accroissement	MOY
Tlemcen	0.60 %	2.34 %
Mansourah	3.30 %	
Chetouane	3.10 %	

Source : ONS 2008

Le nombre de population dont les eaux usées sont reçues par la STEP d'Ain El Houtz est présenté dans le tableau suivant :

Tableau I.11 : Pourcentage de population concerné par l'épuration

Région	Population 2023	% Hab Vers STEP	population vers STEP (2023)
Tlemcen	153115	70	107181
Mansoura	77979	40	31192
Chetouane	73729	10	7373

Source : ONA Tlemcen ,2024

On estime le nombre d'habitant pour un horizon d'étude par la formule suivante :

$$P = P_0 \times (1 + \eta)^n \quad (\text{I. 3})$$

Avec :

P : le nombre d'habitants pour l'horizon d'étude.

P₀ : le nombre d'habitants pour l'horizon actuel

η : le taux moyen annuel d'accroissement
 n : horizon d'étude (30 ans)

Tableau I.12 : Estimation de la population affectée par le système de traitement des eaux usées en 2023, 2024 et 2054.

Communes		Tlemcen	Mansourah	Chetouane	TOTAL
Taux d'accroissement (%)		0.6	3.3	3.1	2.34
Population(Hab)	2023	153115	77979	73729	304823
	2024	154034	80553	76015	310602
	2054	184313	213350	189959	587622
% de population concerné par la STEP (Hab)	2023	107181	31192	7373	145746
	2024	107824	32222	7602	147648
	2054	129020	85340	18996	233356

I.4 Infrastructures hydrauliques

I.4.1 Les ressources hydrauliques du GUT

L'approvisionnement en eau potable du Groupement Urbain de Tlemcen est assuré à partir de trois catégories de ressources :

- Superficielles (barrages).
- Souterraines (forages, sources).
- Non conventionnelles (eaux de dessalement des eaux de mer) [2].

I.4.1.1 Les ressources superficielles

Les eaux de surface actuelles qui alimentent le G.U.T sont mobilisées par 03 barrages :

Tableau I.13 : Barrages alimentant le GUT

Barrages	Location	Capacité de la retenue (Hm ³)	Volume régularisable (Hm3)	Volume au 03/2018 (Hm3)	Mise en service
Beni Bahdel	Beni Bahdel	56	56	13.123	1952
Sikkak	Ain Youcef	27	22	25.5	2005
Mefrouch	Terni-Beni Hdiel	15	15	2.828	1963

DRE Tlemcen, 2017

I.4.1.2 Les ressources souterraines

Le groupement urbain de Tlemcen se distingue par la présence de diverses et multiples sources d'eau souterraine qui jouent un rôle important dans la couverture du déficit en eau de la région. Cependant, ces eaux souffrent de nombreux problèmes tels que la pollution et le mauvais aménagement, ce qui empêche leur bonne exploitation et a

conduit à l'arrêt de certaines d'entre elles, soit temporairement, soit de manière permanente.

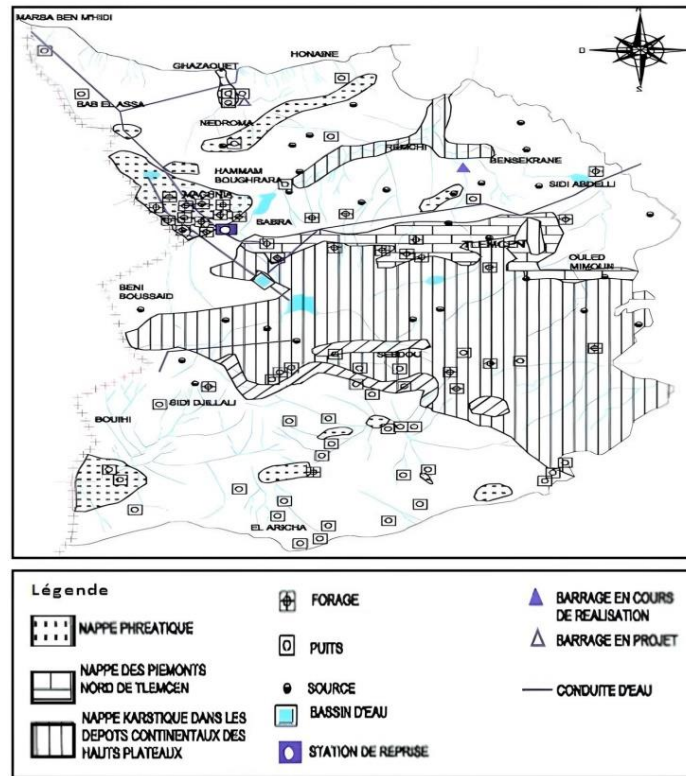


Figure I.10 : Les ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tlemcen (ADJIM H, 2004).

A. Les forages

Les tableaux suivants mettent en évidence certaines fourrages en détail :

Tableau I.14 : Quelque forage alimentant le GUT

N°	Forage	Débit théorique L/s	X(m)	Y(m)	Etat en 05/05 2024
1	Minaret	-	650269.74	3860281.44	Mise en arrêt
2	Birouana 1	15	655428.9	3860379.31	Opérationnel
3	Hôpital	7	652610.7	3859990.93	Mise en arrêt
4	Sidi Othmane	20	-	-	Opérationnel
5	Bouhanak	15	-	-	Mise en arrêt
6	Ain El Houtz	25	654386.02	3864531.4	-
7	Imama	11	650269.74	3860281.44	-
8	Benzerdjeb	9	654144.88	3860099.59	-
9	Forage APC	-	653355.85	3861121.07	-
10	SP3	-	650530.99	3859703	-

Source : ADE Tlemcen, 2024

B. Les sources naturelles :

- **La Source d'Ain El Fouara supérieure** : C'est la source captée la plus importante des dolomies de Tlemcen. Elle est destinée à l'alimentation de la ville de Tlemcen. Elle est située sur le plateau de Lala Setti .
Actuellement, elle est gérée et fournie par l'ADE, délivrant quotidiennement 6400 m³ d'eau
- **Ain Fouara inférieure** : située à environ 1.5 Km au Nord-Est de Ain Fouara supérieure, et est à une altitude de 850 m.
- **Ain Bendou** : située à 1,3 Km au Nord-Est de Saf-Saf, et est à une altitude de 850 m. (Ade Tlemcen, 2024)

La majorité des forages et des sources ont été mis à l'arrêt,

I.4.1.3 Les ressources non conventionnelles

De 2012 à 2016, le dessalement d'eau de mer a couvert la majorité des besoins durant une période où le remplissage des barrages était insuffisant. Par la suite, une hydrologie plus favorable a permis à l'ADE de mobiliser davantage les barrages (une ressource moins coûteuse), en particulier pour couvrir le pic de demande estival, de juin à octobre. Les ressources en eau souterraines ont été mobilisées à la marge, notamment en 2016, pour compenser des difficultés d'exploitation à l'usine de dessalement de Souk Tleta [8].

Deux usines de dessalement ont été construites et commandées au cours des 10 dernières années. Les deux utilisent le principe d'osmose inverse et sont utilisés pour l'approvisionnement en eau urbaine [6].

Tableau I.15 : SDEM alimentant le GUT [5],[6].

Station	Mise en service	capacité de production (m ³ /j)	Capacité en 2017 (m ³ /j)	Nombre de commune	Partenaires
Souk Tleta	17 octobre 2011	200000	30000	19	TDIC (Hyflux/Malakoff) « Singapour » 51%
Honaine	Juillet 2012	200000	180000	29(GUT)	Geida (Befesa/Sadyt) Espagne 51%

I.5 Alimentation en eau potable

I.5.1 Evolution des volumes d'eau

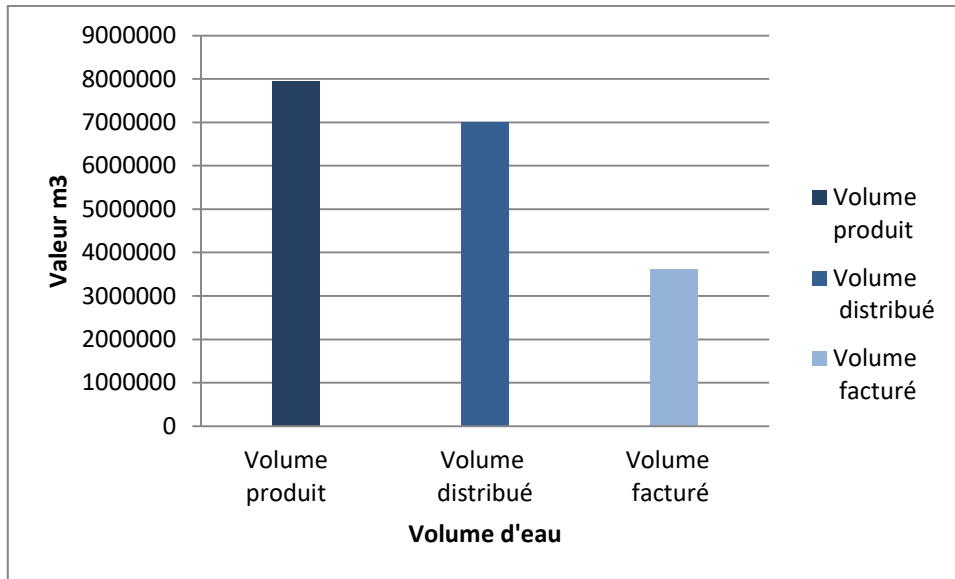


Figure I.11: Evolution des volumes d'eau du 1er trimestre au niveau du GUT (ADE 2024)

Nous remarquons que la quantité d'eau produite pendant le premier trimestre de l'année 2024 est de 7 947 971 mètres cube. Quant à la quantité d'eau qui a été distribuée, elle est estimée à 6 998 367 mètres cubes. Cela signifie que les besoins en eau de la population ont été entièrement satisfaits et que la communauté ne souffre d'aucune pénurie d'approvisionnement en eau pour les abonnés, au minimum. Alors que le volume d'eau facturé aux abonnés (mesuré et/ou non mesuré). Est estimée en quantité à 3 618 307 mètres cubes. De cela, nous concluons que la quantité d'eau non facturée représente environ la moitié de l'eau distribuée.

I.5.2 Rendement du réseau du GUT

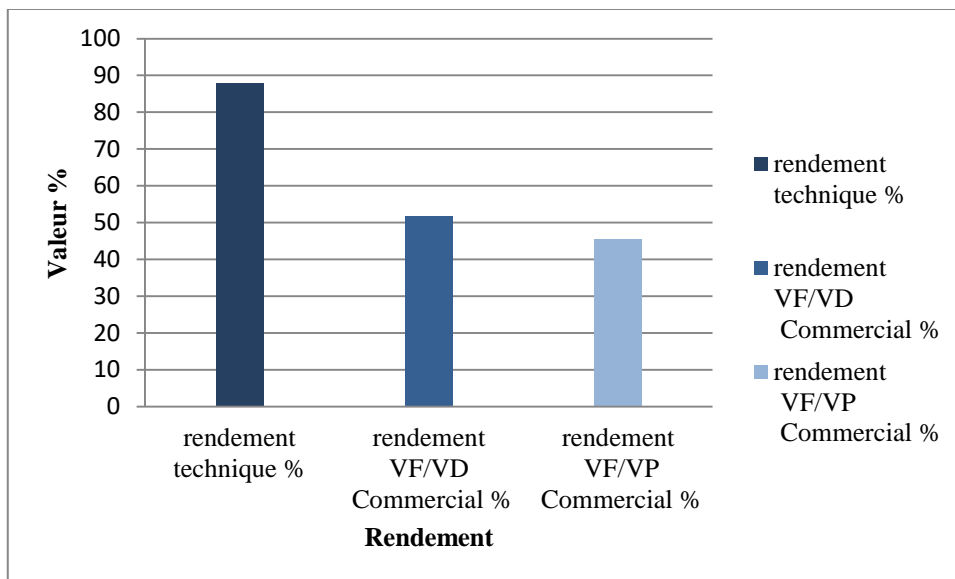


Figure I.12 : Evolution des rendements du 1er trimestre au niveau du GUT (ADE 2024)

$$\text{Rendement technique (\%)} = \frac{\text{Volumr distribué}}{\text{Volime produit}} \times 100 \quad (\text{I. 1})$$

$$\text{Le rendement } \frac{VF}{VD} \text{ commercial } \% = \frac{\text{Volume facturé}}{\text{Volume distribué}} \times 100 \quad (\text{I. 2})$$

$$\text{Le rendement } \frac{VF}{VP} \text{ commercial } \% = \frac{\text{Volume facturé}}{\text{Volume produit}} \times 10 \quad (\text{I. 3})$$

I.5.3 Réseau de distribution :

Le réseau de distribution du GUT est un réseau mixte (le centre en maillé et les extensions en ramifié) présentant dans la distribution différents étages de pressions ; il comporte plus de 650 km de long (550 km de distribution, plus de 50 km d'adduction, ainsi que des conduites jouant le rôle d'adduction et de distribution en même temps). Le diamètre des conduites varie du 20/27 mm en acier galvanisé à 600 mm en acier enrobé pour la distribution, et de 50/60/66/67 mm en acier galvanisé à 1100 mm en béton précontraint pour l'adduction, PEHD (40/50/160). Le réseau d'alimentation en eau potable du GUT est alimenté par 35 réservoirs, dont la capacité totale est de 50 600 m³. Le nombre d'accessoires est de l'ordre de 850 entre vannes ventouses et vidanges. Le taux de branchement au réseau est estimé à 94 % ([1], ADE 2024).

Tableau I.16: Quelques réservoirs alimentant le GUT

Région	Réservoir	Capacité (m ³)
Tlemcen	Lalla Setti	30000
	Birouana	5000
	Sidi Chaker	2000
	SAF-SAF	1000
	Zone Industrielle	4*1300
	Mahmoudi	1500
Mansourah	Mansourah (5000)	5000
	Mansourah (2*2000)	2*2000
	Boudjemil	2000
	Petit Mansourah	100
	Tombeau du Rab	2*2000
	Beni Boublène	200
Chetouane	Oudjlida 1	1000
	Oudjlida 2	3000
	Mdig Sidi Aissa	200

ADE Tlemcen, 2024

I.5.4 Problèmes spécifiques d'AEP:

- Un réseau âgé qui a perdu sa qualité de fonctionnement (fatigue de matériau) (Mansourah) ;
- Acier galvanisé corrodé (corrosion de surface et interne) ;
- PEHD peu de problèmes.

Selon l'ADE : des études sont actuellement en cours pour diagnostiquer et développer le réseau d'adduction d'eau dans plusieurs points dans le GUT.

I.6 Assainissement

➤ Description du réseau d'assainissement de Tlemcen

Le réseau de collecte des eaux usées de centre de Tlemcen est un réseau unitaire. Ce réseau est composé de Collecteurs dont le diamètre peut atteindre jusqu'à 1000 mm et de dalots. 2x2m. Le taux de raccordement est estimé à 99 %. Les rejets de ce collecteur se déversent vers l'oued de CHAABET EL HORRA.

➤ Description du réseau d'assainissement de Chetouane

Le réseau d'assainissement du chef-lieu de Chetouane est en totalité unitaire avec des collecteurs principaux d'un diamètre variant de 200 à 1000 mm et d'une longueur moyenne de 10.832 m. Le taux de raccordement est estimé à 80%. Les rejets sont déversés vers CHAABET EL HORRA qui se connecte avec l'oued Saf-Saf. Cette commune en extension permanente revêt une importance capitale en matière de développement urbain [2].

➤ Pollueurs potentiels des eaux souterraines sur la GUT.

Le mauvais urbanisme associé à la croissance urbaine rapide au sein de le GUT a augmenté le risque de polluants potentiels qui pourraient contaminer les eaux souterraines de la région et, par conséquent, pourraient avoir un effet néfaste sur la santé de la population.

Les analyses microbiologiques et chimiques réalisées par les autorités locales compétentes au niveau des sources et des forages, sur la zone étudiée, ont montré un impact non négligeable des activités humaines sur la qualité des eaux karstiques. 13 points d'approvisionnement ont été trouvés avec des concentrations dépassant les valeurs maximales autorisées pour l'eau potable.

Ces approvisionnements ont été déclarés impropres à la consommation humaine et ont été systématiquement fermés. Cinquante (50) pour cent de ces points d'approvisionnement présentaient des concentrations élevées de nitrates, tandis que les points restants présentaient d'importantes contaminations microbiologiques. Le détail de ces pollutions est donné dans tableau I.15 Ces contaminations pourraient avoir été causées par de nombreux aléas tels que le rejet des eaux usées directement dans le milieu naturel sans décontamination préalable, les irrigations avec des eaux usées et l'utilisation d'engrais chimiques et organiques [9].

I.6.1 Industrie

L'existence d'industries fortement polluantes dans les régions entièrement urbanisées de la GUT est l'une des sources de pollution les plus importantes qui doivent être sérieusement prises en considération. Les eaux usées de ces industries, qui contiennent des substances chimiques toxiques et des métaux lourds, sont très souvent rejetées directement dans le milieu naturel sans prétraitement [9]. Les principaux rejets causés par les unités industrielles du GUT sont :

- **SOITEX (usine textile) :** Le complexe de soierie synthétique

Situé dans la zone industrielle de Tlemcen rejette 255 m³/j d'eaux usées directement dans la rivière Sikkak. En effet, toutes les installations industrielles de la région ne sont pas équipées de prétraitement individuel systèmes. Les quelques unités équipées de prétraitement les systèmes enregistrent des pannes fréquentes et rejettent ensuite leurs eaux usées directement dans les cours d'eau naturels [9].



Figure I.13: Eaux usées de SOITEX [9]

- **Unité de l'ENTC:** c'est le complexe téléphonique qui se situe dans la zone industrielle de Tlemcen. L'activité de cette unité est de fabriquer des appareils téléphoniques.

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons conclu que le GUT est soumise à un climat méditerranéen semi-aride, sèche et chaude en été, et autre froide et pluvieuse en hiver, Les eaux usées du GUT chargées en matières polluantes dirigées vers la station d'épuration d'Ain El Houtz pour être traitées avant d'être déversées dans le milieu récepteur l'Oued de Chaabet El Hora et pour l'irrigation de la plaine de Hennaya afin de protéger l'environnement de la pollution et de protéger la santé humaine et animale.

D'après les résultats obtenus Il a été indispensable de rechercher de nouvelles ressources tout en préservant les ressources déjà existantes. Afin de garantir l'approvisionnement en eau potable du GUT.

Chapitre II

Description de la station d'épuration d'Ain El Houtz

II. Description de la station d'épuration d'Ain El Houtz

II.1 Introduction

La construction de la station d'épuration d'Ain El Houtz a débuté le 16 février 1989 et s'est terminée le 23 octobre 2004. Le projet a vu le passage de 15 entreprises différentes, mais aucune n'a pu achever les travaux en raison de contraintes financières et d'un manque d'expérience. Le maître de l'ouvrage : La Direction de l'Hydraulique de Tlemcen (DHW), avec la Société d'Épuration et d'Entreprise (SEE) de Belgaum en tant que bureau d'études et l'Assemblée populaire nationale de Chetouane comme voisinage immédiat. Bien que la SEE ait été initialement chargée de la STEP, le projet a été suspendu. Environ dix ans (10) plus tard, l'entreprise Hydrotraitement a repris et finalisé les travaux commencés par la SEE.

II.2 Localisation géographique de la STEP d'Ain El Houtz

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe à 6 Km au Nord du chef-lieu (Tlemcen Ville), à l'ouest de Chetouane (Daïra) sur la route d'Ain El Houtz, dans la rive droite de l'Oued d'Ain El Houtz juste au pied du Djebel Touma. Elle s'étend sur une superficie de 17 hectares, Les rejets liquides de la STEP se dirigeront vers le bassin de stockage de l' ONID ou bien vers l'oued CHAABET EL HORA [10].

II.3 Données spécifiques de la station

Cette station a été mise en service le 05 Novembre 2005 gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA). Elle a été certifiée tout récemment, à la norme internationale ISO 14001. Le principe de fonctionnement est de type biologique à boues activées à faible charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. Actuellement, la station traite 70% des eaux usées provenant de la ville de Tlemcen, 40% des eaux provenant de la ville de Mansourah par écoulement gravitaire pour les deux et 10% des eaux usées provenant de la ville de Chetouane par refoulement. (ONA, 2024)



Figure II.1 : Photo panoramique de la STEP [34].

II.3.1 Fiche technique de la station d'ain el houtz :

La station d'Ain El Houtz a été réalisée pour épurer les eaux usées d'origine domestiques et pluviales, conçue pour une population de 150 000 EH et d'une capacité de 30 000 m³/j.

Tableau II.1 : Fiche technique de la station d'Ain El Houtz

Nom de la station	Tlemcen (Ain El Houtz)	
Commune	1350-Chetouane	
Localités concernées par le traitement	Tlemcen-Mansourah-Chetouane	
Milieu récepteur	BASSIN D'IRRIGATION O.N.I.D / OUED CHAABET EL HORA	
Nature des eaux brutes	Domestiques	
Capacités de la station	150 000 EH	30 000 m ³ /j
Superficie de l'assiette	17 Hectares	
Groupement de réalisation	- Génie civil - Equipements - HYDROTRAITEMENT - Société d'épuration et entreprise (SEE)	
Arrivée des eaux usées	Mixte (gravitaire + refoulement)	
Date de mise en service	2005	
Date de transfert de la station à l'ONA	17/11/2009	

Source : ONA Tlemcen, Données STEP de Tlemcen

II.3.2 Capacité de traitement de la station d'épuration

La station d'épuration a été dimensionnée sur les bases suivantes :

Tableau II.2 : Capacité de traitement de la station d'épuration.

Paramètres d'entrée	Unités	Horizon 2005
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	150 000
Volume journalier	m ³ /j	30 000
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	3 800
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	/
Débit maximal admis en temps de pluie	m ³ /h	/
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/j	24 750
Charge journalière en DBO5	Kg/j	9 300
Charge journalière en MES	Kg/j	13 950
Charge en N-NH ₄	Kg/j	1 980

Source : ONA, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

II.3.3 La qualité des eaux épurées

Les caractéristiques du rejet qui doivent être garanties par l'étude du processus sur une durée moyenne de 24 heures :

Tableau II.3 : Tableau représentatif de la qualité des eaux épurées.

Paramètres	Unité	Concentration
DCO	mg/l	120
DBO ₅	mg/l	20
DBO point max, en moyenne sur 2 heures	mg/l	30
MES	mg/l	30
Matière sédimentable	CC/l	0.5
Huiles et graisses végétales	mg/l	20
N-NH ₄	mg/l	3 – 5
N-NO ₃	mg/l	8 – 10
Coliformes totaux	ml	20 000 / 100
Coliformes fécaux	ml	12 000 / 100
streptocoques fécaux	ml	2000/100

Source : ONA, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024

II.4 Ouvrages de la station d'épuration

La STEP d'Ain El Houtz se compose de deux parties :

1. Ligne des eaux usée
2. Ligne des boues

A. Ligne des eaux usée :

Le prétraitement des eaux est composé, d'un Ouvrage de réception (Déversoir d'Orage D.V.O), d'un dégrillage grossier manuel, d'un dégrillage fin mécanisée en cas de problème au niveau des grilles mécanisées la grille de by-pass assure le bon fonctionnement du prétraitement Cette étape est composée aussi d'un dessablage-déshuilage. L'élimination de la pollution carbonée et de l'azote est réalisée par voie biologique. Les sables décantés stockés dans des bacs à sables et les graisses sont extraits par le système air lift et sont stockées dans des conteneurs qui leur sont spécifiques. Les refus de dégrillage seront évacués à l'extérieure de la station À l'aide d'un tapis roulant.

Tableau II.4 : Tableau récapitulatif de la filière des eaux usées.

Filière de traitement des eaux
Ouvrage de réception (Déversoir d'Orage D.V.O)
Grille grossière manuelle
Grille fin mécanisée
Grille de by-pass (manuelle)
Dessableur, Déshuileur
Bassin biologique
Clarificateur
Bassin de chloration

B. Ligne de boues :

A la sortie du clarificateur une partie des boues biologiques sont envoyées à l'épaississeur et l'autre partie acheminée par une tuyauterie vers deux (02) fosses de pompage des boues de recirculation et des boues en excès pour assurer un traitement biologique efficace. Ces boues sont appelées boues de retour ou de recirculation, Les boues épaissies sont prise par pompage et évacuées vers les lits de séchages. Et en fin elles sont stockées dans des aires de stockage.

Tableau II.5 : Tableau récapitulatif de la filière des boues.

Filière de boues
Un poste de pompage des boues avec pompe de recirculation
Epaississeur
Lits de séchage
Aire de stockage

II.5 Caractéristiques des ouvrages

Les eaux entrant dans la STEP provient du GUT (communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane) à travers trois collecteurs de 1250 mm, Deux (02) d'entre eux entrent par écoulement gravitaire avec un une partie des rejets de la commune de Chetouane est acheminée vers la STEP à l'aide d'une station de relevage se trouvant à l'amont. Dans l'agglomération d'AIN EL HOUTZ, la station traite les eaux usées collectées par un réseau d'assainissement de 110 km de la commune de Tlemcen (Il est dimensionné pour prendre en charge un maximum de 3300 m³/h).

II.5.1 Ouvrages extérieur à la STEP**II.5.1.1 Ouvrage de réception (Déversoir d'Orage D.V.O)**

Déverse le surplus du débit admissible dans le by-pass général de la station. La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de 3300 m³/h L'eau usée à traiter arrive gravitèment à la tête de la première filière du traitement à l'aide d'une conduite de 800 mm de diamètre qui s'appelle liaison entre ouvrage.



Figure II.2 : Déversoir d'orage [10]

Tableau II.6 : Caractéristique du déversoir d'orage.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	01
Matériau	--	Béton
Longueur total	m	12
Largeur	m	1.2
Profondeur	m	0.6
Diamètre canal DVO et canal vers l'oued	mm	1250

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

II.5.2 Ouvrages de Prétraitement

II.5.2.1 Dégrillage

A. Grille grossière manuelle

L'opération de dégrillage grossier permet :

- ✓ De protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages au niveau de différentes unités de l'installation.
- ✓ D'éliminer les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs.



Figure II.3 : la grille grossière manuelle (2024).

Tableau II.7 : Caractéristiques de la grille grossière manuelle.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	01
Matériau	--	Aluminium
Forme des barreaux	--	Rectangulaire
Largeur de la grille	m	01.80
Inclinaison	%	70
Écartement entre les barreaux	mm	50.00
Épaisseur des barreaux	mm	10

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

B. Grille fin mécanisée

Les eaux résiduaires émanant du dégrilleur primaire sont acheminées vers deux grilles de finesse supérieure. Ces grilles, équipées de barres de fer plat disposées en quart de cercle, bénéficient d'un système de nettoyage mécanique grâce à un double râteau rotatif actionné de manière mécanique.



Figure II.4 : Les dégrilleur mécanisés [10].

- **Bande transporteuse (01 unité) :**

Les déchets collectés par le racleur au niveau du dérailleur fin sont acheminés vers un vise qui en bougeant, déverse ces déchets dans une benne pour être ensuite transférés vers la décharge.

Tableau II.8 : Caractéristiques de la grille fin mécanisée

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	02
Matériau	--	Aluminium
Forme des barreaux	--	Rectangulaire
Largeur de la grille	m	01.00
Profondeur du chenal	m	01.50
Épaisseur des barreaux	mm	10
Écartement entre les barreaux	mm	20.00
Puissance du moteur	KW	0.370

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

C. Grille de by-pass (manuelle)

La STEP est équipée également d'une grille manuelle de by-pass qui se trouve à côté des grilles mécanisées. Cette grille assure le bon fonctionnement de la STEP en cas de problème au niveau des grilles mécanisées: bouchage, panne, etc.

Tableau II.9 : Caractéristiques de la grille de by-pass.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	01
Matériau	--	Aluminium
Forme des barreaux	--	Rectangulaire
Largeur de la grille	m	01.00
Écartement entre les barreaux	mm	30.00
Épaisseur des barreaux	mm	10

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

- **Remarque :**

En cas de panne du dégrilleur fin ou de la grille de by-pass, l'arrêt de l'eau provenant des équipements est effectué par les batardeaux.

II.5.2.2 Dessableur-deshuileur

Après que les eaux ont traversé le dégrilleur fin, elles se dirigent vers un passage contenant des batardeaux, qui servent à isoler l'un des déssableurs ou les deux, lorsque cela est nécessaire.

Le dessableur-deshuileur est conçue de manière longitudinale avec deux sections distinctes. Il comprend un canal en béton armé de configuration trapézoïdale. L'oxygénation est réalisée grâce à des supprimeurs qui génèrent une émulsion, optimisant ainsi l'extraction du sable et des graisses. Des dispositifs de séparation sont présents pour diriger les huiles et les graisses vers une zone dédiée au raclage.

Le dessableur est équipé d'un pont qui comporte les équipements suivants:

- Un moteur réducteur de translation de 0,37 kW avant arrière ;
- Une pompe air lift avec groupe moto supprimeur de 4kw assurant l'évacuation des sables déposés vers les bacs à sable ;
- Un dispositif de raclage de surface est utilisé pour retirer les huiles et les graisses flottantes.



Figure II.5 : Le déssableur-déshuileur [10]

Tableau II.10 : Caractéristiques de déssableur.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	02
Forme	--	trapézoïdale
Largeur	m	04
Longueur	m	26
Hauteur	m	2.5
Equipement	--	pont suceur et écumeur

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024

Les grains de sables décantés dans la fosse sont extraits par le système air lift et stockés dans des bacs à sables.

Les bacs à sables sont pour but de récupérer les sables et les graisses issus dans le dessableur et déshuileur, Les matières flottantes et les graisses s'accumuleront à la surface du déshuilage et seront raclées jusqu'à l'entrée d'un puits à graisses, puis sont transportaient vers le centre d'enfouissement technique.

- Les bacs à sable

Tableau II.11 : Caractéristiques des bacs à sable.

Paramètre	Unité	Valeur
Unité /Dessableur	--	02
Largeur	m	02
Longueur	m	03
profondeur	m	0.8

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.



Figure II.6 : Les bacs à sable (2024).

II.5.3 Ouvrages de traitement secondaire

II.5.3.1 Bassin de nitrification/dénitrification

Dans un premier temps, l'eau qui a subi un prétraitement est acheminée vers un bassin destiné à retirer les polluants azotés grâce à l'action de bactéries déterminées (telles que Nitrosomonas et Nitrobacter). Ce bassin, de forme rectangulaire, est muni d'un agitateur de fond pour garantir une bonne homogénéisation de l'eau. et après que l'eau soit nitrifiée/dénitrifiée, elle est acheminée vers les quatre bassins d'aération.

Tableau II.12 : Caractéristiques de bassin de nitrification/dénitrification.

Paramètre	Unité	Valeur
Unité	--	04
Forme	--	rectangulaire
Longueur	m	17.56
Largeur	m	08.50
Hauteur d'eau	m	4.90
Hauteur du béton	m	5.60
Volume	m ³	725

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

II.5.3.2 Bassin d'aération

Le bassin, de forme rectangulaire, reçoit de l'eau dénitrifiée. L'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface de type à axe vertical fonctionnant à basse vitesse, installés au nombre de trois par Bassin. Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries qui par action physicochimique retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.

L'aérateur a pour rôle de renouveler l'oxygène aux bactéries et de provoquer une intense turbulence, qui permet d'une part, le maintien en suspension des boues activées et d'autre part de renforcer le contact intime de l'eau brute et les bactéries.

Tableau II.13 : Caractéristiques du bassin biologique.

Paramètre	Unité	Valeur
N° de Bassin	--	04
Forme	--	Rectangulaire
Largeur	m	18.50
Longueur	m	55.50
Profondeur d'eau	m	4.60
Hauteur du béton (voiles)	m	5.60
Volume	m ³	4723

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.



Figure II.7 : Le bassin d'aération [10].

Les équipements des bassins biologiques sont présentés dans le tableau II.14:

Tableau II.14 : Les équipements du bassin biologique

Paramètre	Unité	Valeur
vis d'Archimède	--	04
débit unitaire /Vis	m ³ /h	1 300
mélangeurs submersibles	--	04
Puissance /mélangeur	kW	4
déversoirs	--	04
aérateurs de surface	--	03
Puissance /aérateur	kW	75
sondes de mesure d'oxygène dissous	--	04

Source : STEP-Tlemcen ,2024

Les bassins d'aération sont approvisionnés en eau par un conduit en béton qui se déverse dans un canal de distribution positionné en amont des bassins.

II.5.3.3 Décanteur secondaire

Le mélange de boues activées qui se forme ainsi dans le réacteur biologique est versé sur l'ouvrage de décantation secondaire. Le centre l'alimente en utilisant une conduite d'alimentation sous le radier et en débouchant à l'intérieur de la jupe de répartition (Clifford).



Figure II.8 : Décanteurs secondaires [10].

Tableau II.15 : Caractéristiques de bassin de décanteur secondaire.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	02
Forme	--	circulaire
Diamètre unitaire	m	46.00
Surface unitaire	m ²	1661
Profondeur d'eau	m	4.00
Volume total	m ³	13288
Pont racleur à vitesse de rotation	m/s	0.04

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

Les eaux clarifiées sont ensuite recyclées vers la dernière étape du traitement, c'est-à-dire la désinfection et le traitement des boues décantées. Elles sont envoyées vers la tour de recyclage ou vers l'épaisseur.

II.5.4 Ouvrages de traitement tertiaire

II.5.4.1 Bassin de chloration

Le chlorage des eaux épurées est effectué dans la station. Mais ce traitement n'est pas appliqué. Selon l'opérateur de la STEP, Le bassin est construit en béton armé et mesure environ 700 m³. C'est divisé en un écoulement d'eau en forme de serpent.



Figure II.9 : bassin de chloration [10].

Le bassin de chloration est équipé de quatre (04) Sous bassins qui transvasent d'un bassin à l'autre et cela pour laisser le temps au chlore pour désinfecter l'eau épurée et la désinfection est assuré par l'eau de javel.

Tableau II.16 : Caractéristiques du bassin de chloration.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	01
Sous bassin	--	04
Tanks de chlore	--	07
Capacité/Tank	Kg	1000
Capacité de dosage	Kg/Chlore/h	40
Volume	m ³	700

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

II.5.5 Ouvrages de traitements des boues

- **Poste de pompage**

Les boues décantées sont transportées par une tuyauterie vers deux fosses de pompage, avec des boues de recirculation (vers le bassin biologique) et des boues en excès (vers l'épaississeur), Le recyclage des boues se fait à partir de trois (03) vis d'Archimède, (deux fonctionnent et l'autre en secoure) afin d'assurer un traitement biologique efficace. Il est important de conserver un taux de MES stable dans le bassin d'aération. Pour cela, il sera nécessaire de faire recirculer une partie des boues extraites du décanteur secondaire vers l'entrée du bassin d'aération. Ces boues sont souvent appelées boues de retour ou de recirculation.



Figure II.10 : Vis de recirculation [10].

II.5.5.1 Epaississeur des boues



Figure II.11 : Epaisseur [10]

L'épaisseur réduit de manière substantielle le volume des boues. Cette opération vise à concentrer les boues, ce qui facilite leur gestion ultérieure et contribue à l'efficacité globale du traitement.

Dans la STEP d'Ain El Houtz II est en béton armé et à un pont support de la tête tournante avec moteur et réducteur.

Tableau II.17 : Caractéristiques d'épaisseur des boues .

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	01
Diamètre unitaire	m	14
Hauteur utile	m	04
Surface unitaire	m ²	153.938
Pente de fond	%	0.1
Volume total	m ³	615.75

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

II.5.5.2 Lits de séchage

Les boues épaissies peuvent être séchées à l'air libre dans des surfaces étendues aménagées spécialement pour cela. Chaque lit de séchage est composé de diverses couches de matériaux "sable et gravies" avec une granulométrie plus fine vers la surface du lit. Au niveau de cette station les lits de séchage conçus d'un ton en béton équipés d'un tuyau de drainage perforé, ce qui permet d'évacuer l'eau filtrée vers l'entrée de la station.

Tableau II.18 : Caractéristiques de lits de séchage.

Paramètre	Unité	Valeur
Unités	--	14
Longueur unitaire	m	30
Largeur unitaire	m	15
Surface unitaire	m ²	450

Source : ONA Tlemcen, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

- Aire de stockage

Une fois séchée, les boues sont stockées dans des aires de stockage à l'air libre.



Figure II.12 : Aire de stockage [10].

II.6 Énergie

II.6.1 Poste de transformation

Tableau II.19 : Caractéristiques de poste de transformation.

Paramètre	Unité	Valeur
Unité	--	02
Puissance unitaire	KVA	800
Tension primaire	KV	30
Tension secondaire	V	400
Tension d'isolement	KV	36
Fréquence	Hz	50

Source : STEP Ain El Houtz, 2024.

II.7 Illustrations graphiques

II.7.1 Schéma général de la station d'épuration

La figure II.13 résume les étapes de traitement précédentes.

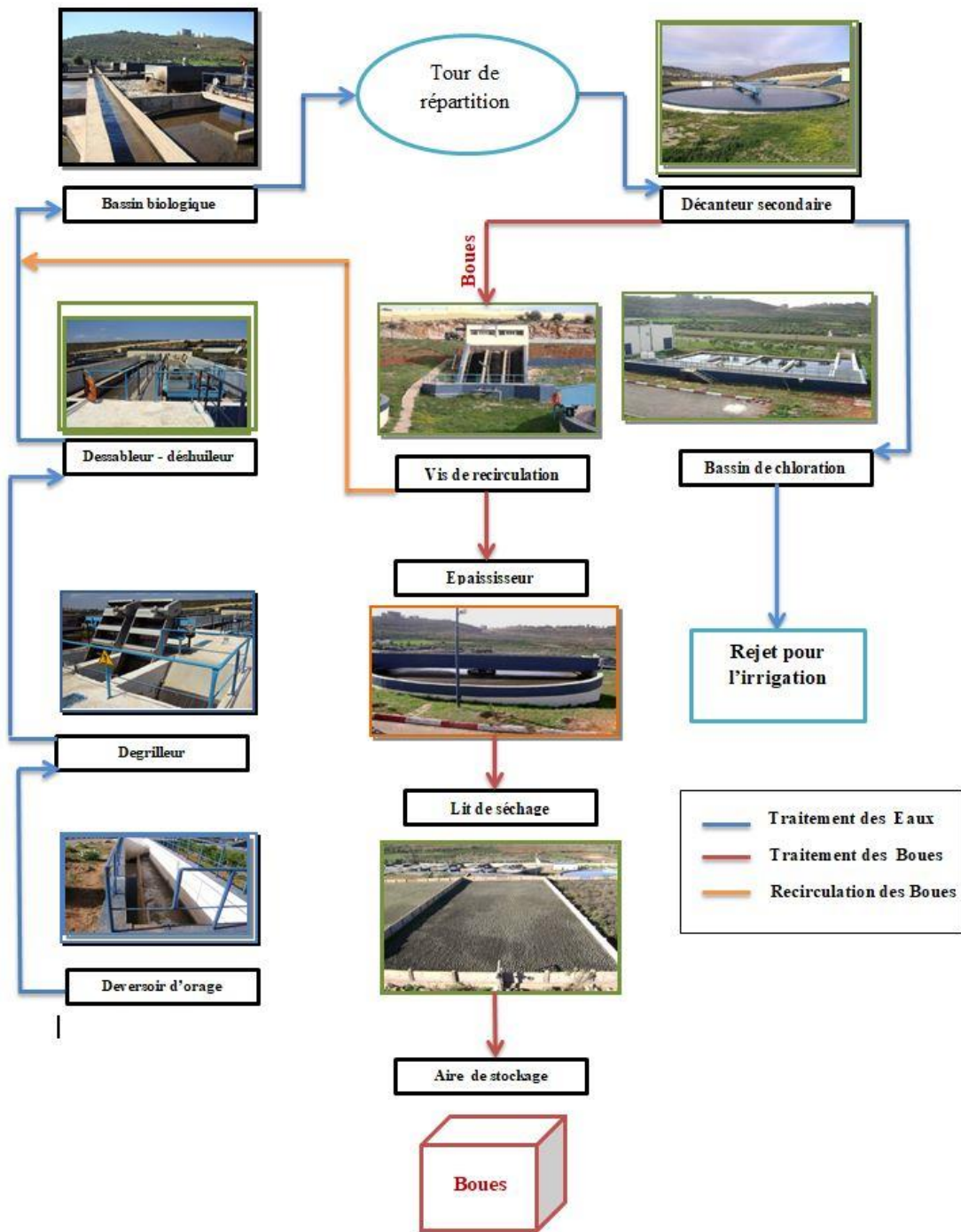


Figure II.13 : Schéma générale de la STEP.

II.7.2 Plan général de la STEP.

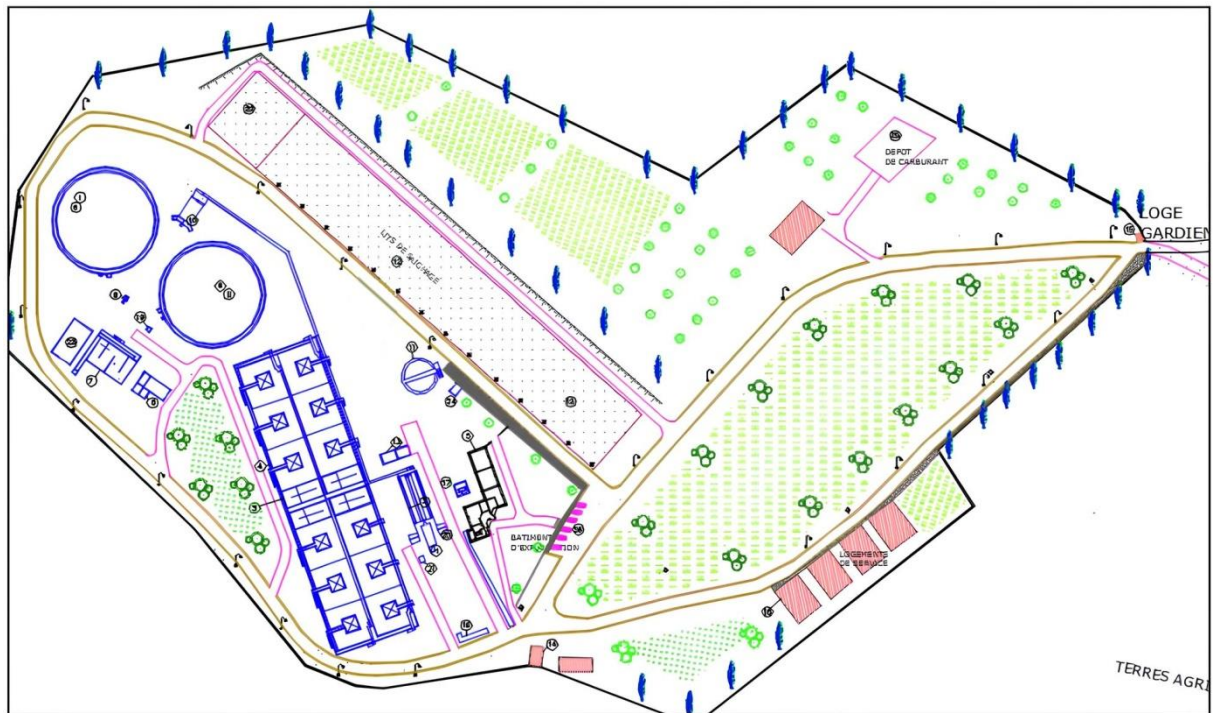


Figure II.14 : Le plan de la STEP d'Ain El Houtz (ONA, 2024).

II.8 Conclusion

La station d'épuration des eaux usées d'Ain El Houtz a été dimensionnée pour traiter les eaux de 15000 EH. Elle dispose de divers ouvrages, équipements électriques et mécaniques nécessaires pour un traitement efficace. Elle a été dimensionnée en tenant compte du débit et de la charge pour le cas le plus défavorable. La station peut suivre ses activités et fournir l'eau nécessaire pour l'irrigation de la plaine de Hennaya. Cependant, elle souffre de limitations en capacité nominale et réelle, ce qui peut réduire leur rendement du traitement.

Chapitre III

Diagnostic et analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP

III. Diagnostic et analyse des défaillances de fonctionnement de la STEP

III.1 Introduction

Le diagnostic des ouvrages d'épuration doit passer par la connaissance des ouvrages eux-mêmes, mais aussi par l'approche des conditions amont (types de réseau, industries, variations des volumes et des caractéristiques des effluents ...) et aval (milieu récepteur, possibilités d'élimination des boues résiduaires) ; les trois volets réseau/station/milieu récepteur doivent donc être analysés [11]. Pour contrôler l'état de la station d'AIN EL HOUTZ et surveiller ses performances et suivre son fonctionnement dans l'épuration des eaux usées pour l'irrigation de la plaine de Hennaya, ainsi que pour identifier toutes les problèmes existants, l'analyse des performances du STEP a été réalisée.

III.2 Etudes des performances de la station

III.2.1 Qualité des eaux

Dans le cadre de cette étude, les composantes suivantes ont été analysées :

- **Entrée** : T, pH, MES, DBO₅, DCO.
- **Sortie** : T, pH, MES, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺.

Remarque : Il convient de noter qu'en 2015, la station d'épuration a connu une période d'arrêt de fonctionnement de trois mois, précisément en janvier, février et mars. Cet arrêt était dû à des travaux de régénération et de maintenance générale nécessités par la détérioration d'une composante essentielle au niveau de la vidange du deuxième décanteur. Cette défaillance a entraîné l'indisponibilité de l'ensemble de la station, celle-ci ayant été conçue pour que les deux décanteurs opèrent simultanément. Les analyses suivantes montrent les valeurs moyennes annuelles sur une période de six ans (06) de 2017 à 2019 et de 2021 à 2023 pour les composants physico-chimiques des eaux usées .
Remarque : Pendant le processus de collecte d'informations, nous n'avons pas pu obtenir les résultats des analyses pour l'année 2020.

III.2.1.1 Les paramètres physico-chimiques de l'eau brute

Tableau III.1 : Les résultats des analyses moyens annuels physico-chimiques à l'entrée de la STEP d'Ain El Houtz.

Paramètre physico-chimique	unité	Moyenne
pH	--	7.75
Température en eau	(c°)	19.06
M.E.S	(mg/l)	279
D.B.O ₅	(mg/l)	236.67
D.C.O	(mg/l)	433
PO ₄	(mg/l)	11.82
Phos	(mg/l)	13.8
N-NH ₄	(mg/l)	42.6

Source : DRE Tlemcen, 2024

III.2.1.2 Interprétations des résultats :**A. Température**

La température de l'effluent brut analysé, avoisinant les 19.06 °C, est propice au développement des micro-organismes. Il est donc crucial de mesurer ce paramètre essentiel à l'entrée d'une station d'épuration, car il a une influence déterminante sur la performance des décanteurs et sur l'efficacité des traitements biologiques.

B. pH de l'eau

Les valeurs obtenues tout au long de la période de mesure sont limitées entre 7.43 et 8 ce qui montre la neutralité des eaux usées de cette station.

C. La DBO₅ et la DCO**a. DBO₅**

La valeur moyenne de la D.B.O₅ est égale à 236.67 mg/l, cette valeur qui montre une teneur moyenne en matières organiques biodégradables.

b. DCO

Les résultats obtenus pour les échantillons analysés font ressortir que la valeur moyenne de la D.C.O mesurée est égale à 433 mg/l.

D. La biodégradabilité

Le rapport DCO/DBO₅ permet d'avoir une idée sur l'état biodégradable de l'effluent et la possibilité du traitement biologique. Dans notre cas :

$\frac{DCO}{DBO_5} = 1.87 < 2$ Ce qui indique que les eaux usées de GUT sont facilement biodégradable

E. Pollutions azotés et phosphoré : Les teneurs élevés en azote et phosphore perturbent les écosystèmes dans notre cas : Il est nécessaire de réduire les valeurs de ces polluants.

III.2.2 Qualité de l'eau épurée**III.2.2.1 Les paramètres physico-chimiques de l'eau traitée**

Les caractéristiques de l'eau épurée sortant de la STEP d'Ain El Houtz

Tableau III.2 : Les résultats moyens annuels de l'eau épurée sortant de la STEP d' Ain El Houtz (2017-2023).

Paramètre	Unité	Valeur
Température	°C	18.03
pH	--	7.703
Conductivité	µs/cm	920.5
Concentration		
DBO ₅	mg/l	18.6
DCO	mg/l	53.17
MES	mg/l	27.34
NH ₄ ⁺	mg/l	5.2
NO ₃ ⁻	mg/l	2.8
NO ₂ ⁻	mg/l	0.37
PO ₄	mg/l	6.99

Source : DRE Tlemcen ,2024

Nous procédons à une comparaison entre les propriétés de l'eau usée traitée en sortie de la station d'épuration et les normes d'irrigation en Algérie. Nous avons également adopté les normes de l'OMS et de la FAO concernant la pollution azotés, L'objectif est de déterminer si cette eau est réutilisable et de sélectionner les techniques de traitement tertiaire.

Tableau III.3 : Les normes d'irrigation en Algérie pour les eaux usées épurées (**journal officiel de la République Algérienne. N41°, Juillet 2012**)

Paramètres	Unité	Valeur limitée maximale
Température	°C	30
pH	-	6.5-8.5
MES	mg/l	30
CE	ds/m	3
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
Chlorure	meq/l	10
Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Azote Kjeldal	mg/l	30
Phosphates	mg/l	2

1. La température

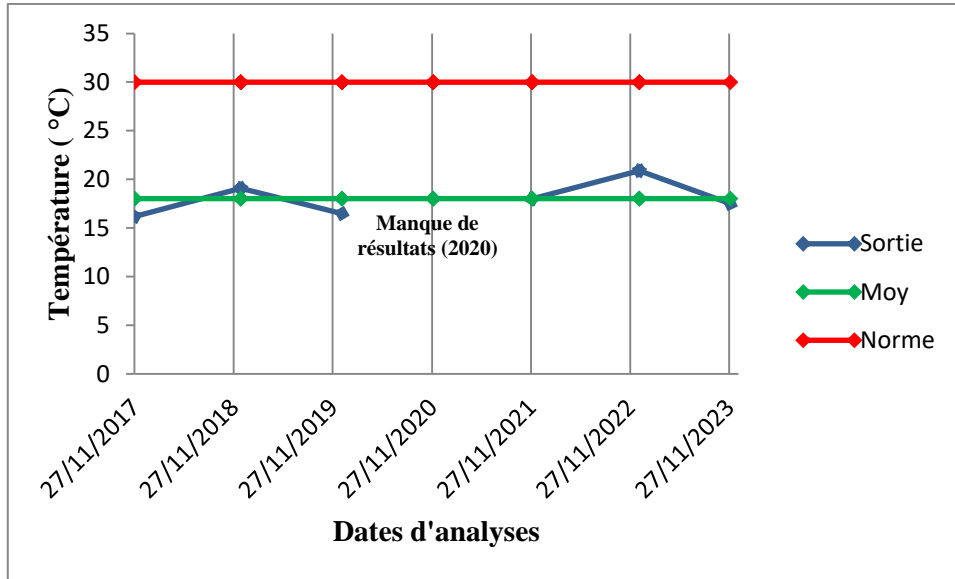


Figure III.1 : Variation moyenne de la Température de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

La gamme des valeurs enregistrées dans les eaux épurées, elle est au-dessous de la norme fixée (30 C°) ce qui favorise la croissance des microorganismes d'où une bonne activité biologique.

2. pH de l'eau

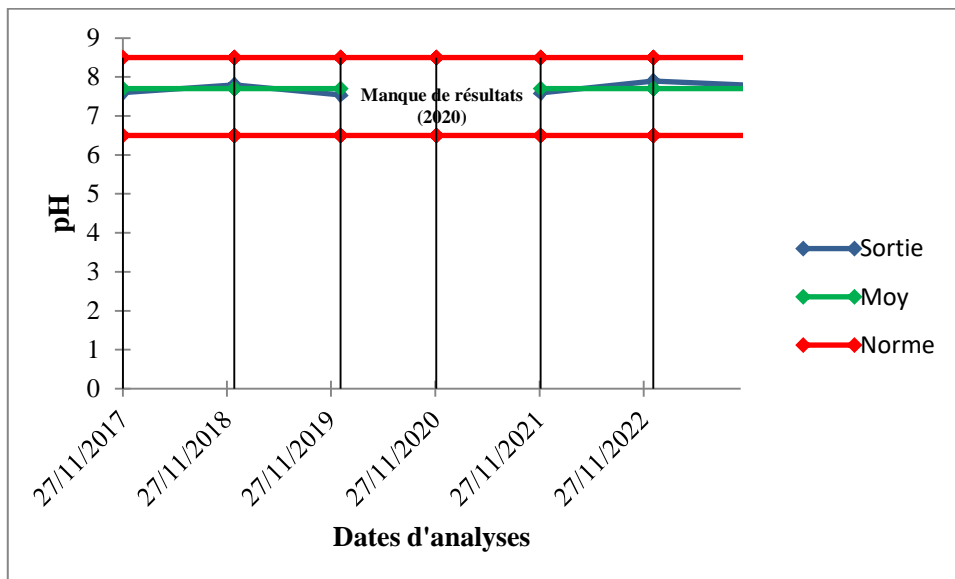


Figure III.2 : Variation moyenne annuelle du pH de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

Il est observé que les valeurs moyennes annuelles de pH de l'eau issue de la station d'épuration varient de 7,54 à 7,9 avec une valeur moyenne de 7,703. Cette moyenne se situe bien dans la plage autorisée pour la réutilisation agricole, qui est de 6,5 à 8,5.

3. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

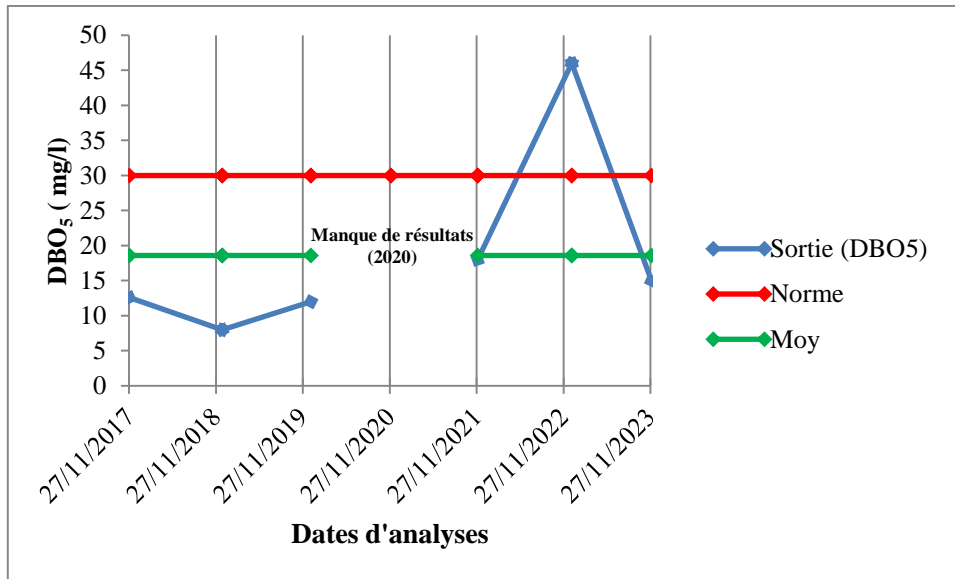


Figure III.3 : Variation moyenne annuelle du la DBO₅ de l’eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

La figure III.3 présente les résultats des analyses annuelle de la DBO5 réalisées durant l’intervalle de Novembre 2017 jusqu’à Novembre 2023. On remarque des concentrations en DBO5 comprises entre 8 mg/l et 46 mg/l avec une moyenne de 18.6 mg/l, valeur qui est inférieurs à la norme en vigueur pour une réutilisation agricole.

On remarque qu’en 2022 , une année a été marqué par un dépassement important de 46 mg/l qui représente la valeur maximale durant cette période d’étude ce qui est strictement interdit pour l’irrigation .

4. Demande chimique en oxygène (DCO)

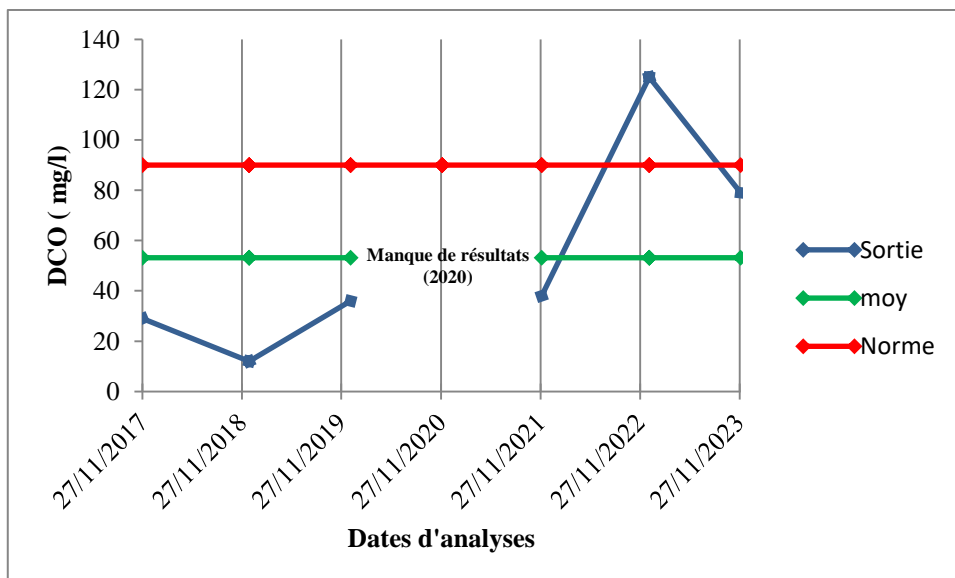


Figure III.4 : Variation moyenne annuelle du la DCO de l’eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

En examinant les résultats trouvés, on note à la sortie de la STEP des concentrations moyennes annuelles compris entre 12 mg/l et 125 avec une moyenne de 53.17 mg/l qui

restent au-dessous de la norme d'irrigation fixée à 90 mg/l. Cela signifie que les substances dans l'eau qui peuvent être oxydées chimiquement se décomposent bien, grâce à une oxygénation efficace de l'environnement. De plus, la réduction significative de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) dans les eaux usées montre que le processus fonctionne bien pour ce paramètre.

En 2022, une année a été marquée par un dépassement très important de 125 mg/l due à une variation instable de la qualité chimique de l'eau brute.

5. Matières en suspension (MES)

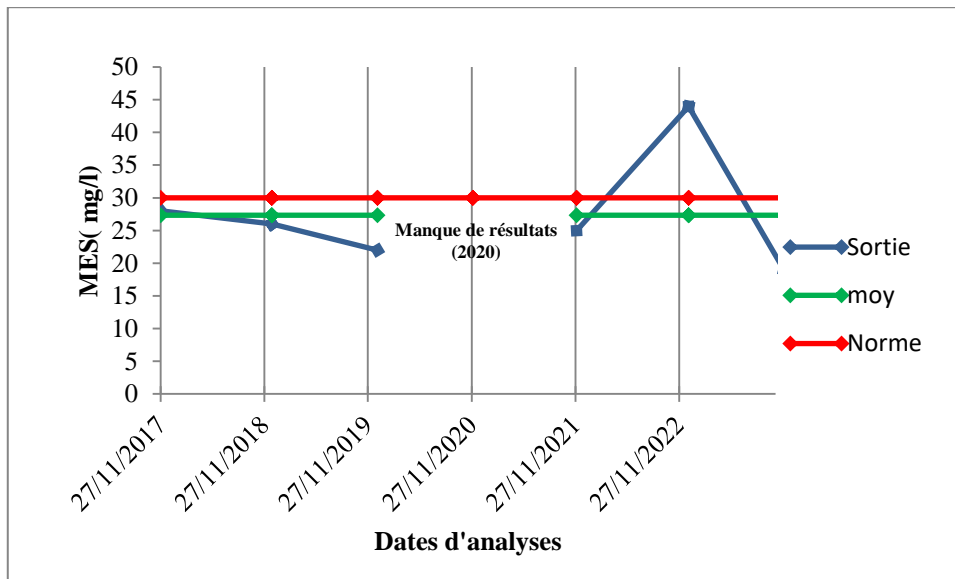


Figure III.5 : Variation moyenne annuelle de la MES de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

Une observation attentive des courbes montre que la plupart de concentrations annuelles sont comprises entre 12 et 125 mg/l, sont inférieures à la norme de réutilisation, mais restent très proches de celle-ci, ce qui indique que le traitement pourrait nécessiter des améliorations supplémentaires malgré son efficacité. (**Traitement tertiaire recommandé**).

Comme cela a été le cas pour toutes les concentrations, l'année 2022 a connu une forte augmentation de la concentration de MES due à une variation instable de la qualité physique de l'eau brute.

6. Phosphate (PO₄)

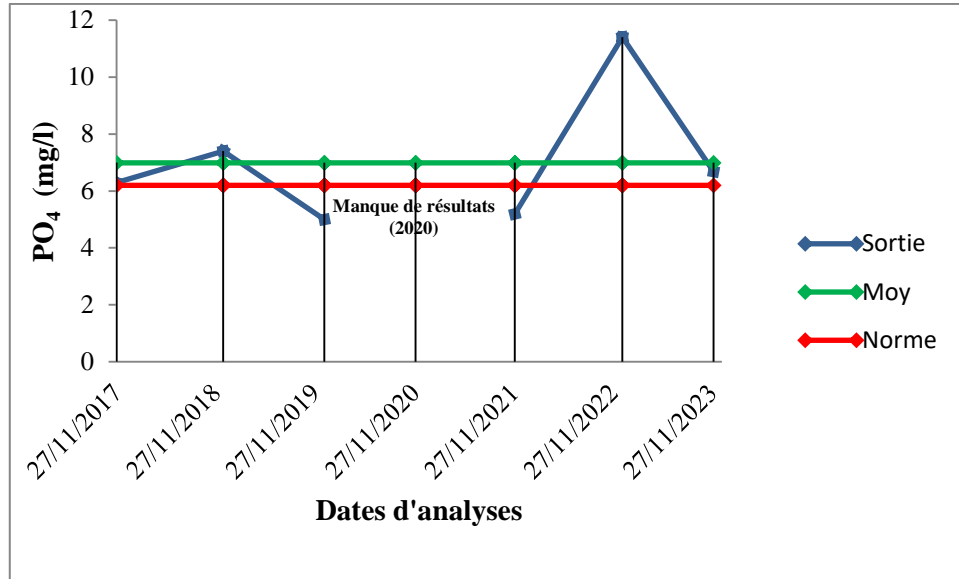


Figure III.6 : Variation moyenne annuelle du PO₄ de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

Les eaux à la sortie de la STEP ont des teneurs en PO₄ variées entre 5 mg/l et 11.14 mg/l, avec une moyenne de 6.99 mg/l. Cette valeur est Supérieure à la norme de l'irrigation (Annexe 02) fixée (6.2 mg/l), donc il est important d'améliorer le traitement de PO₄.

7. Le nitrate (N-NO₃⁻) :

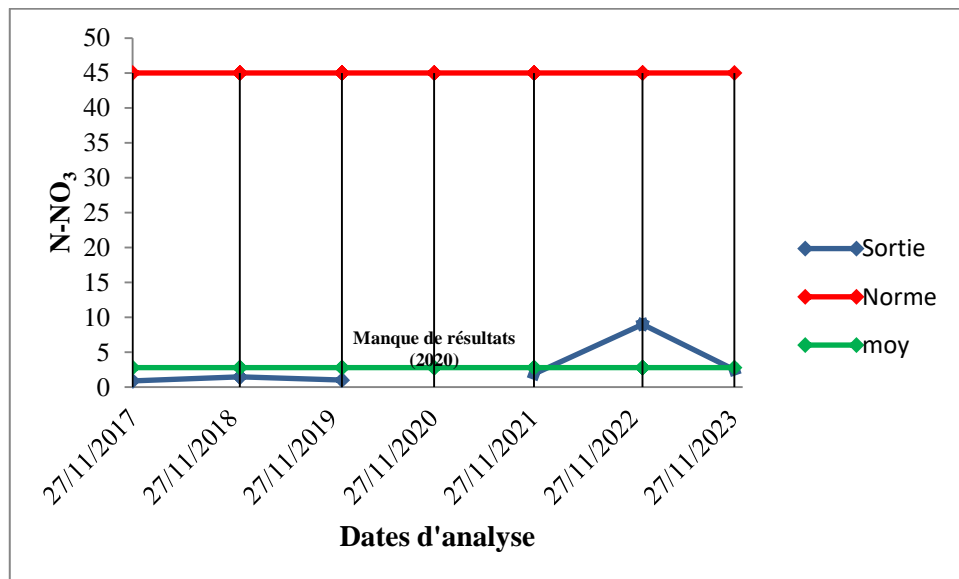


Figure III.7 : Variation moyenne annuelle du nitrates NO₃⁻ de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

D'après la figure III.7, il est clair que les concentrations moyennes annuelles des nitrates sont Forte et varient entre 0.9 et 9 mg/L. La valeur moyenne se situe autour de 2,8 mg/L, ce qui respecte les normes de la FAO pour l'irrigation.

8. L'azote ammoniacal (NH₄⁺) (l'ammonium)

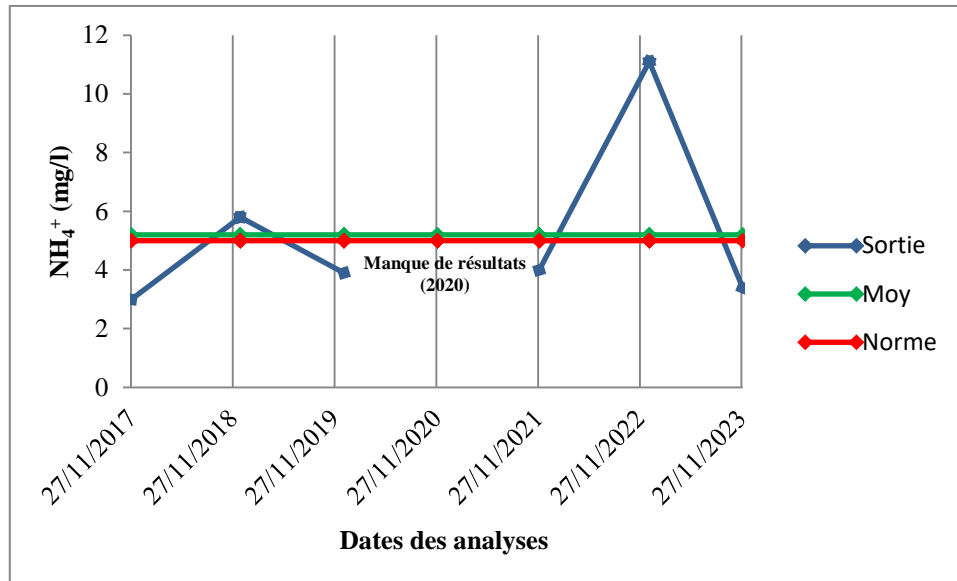


Figure III.8 : Variation moyenne annuelle de l'azote ammoniacal NH₄⁺ de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

Les eaux à la sortie de la STEP ont des teneurs en NH₄⁺ variées entre 3 mg/l et 11.1 mg/l, avec une moyenne de 5.20 mg/l. Cette valeur est supérieure à la norme de rejet fixée (5 mg/l), elle est dû à une mauvaise nitrification de l'azote ammoniacal au niveau du bassin d'aération (insuffisantes d'oxygène dissous, Surcharge de la STEP....)

Les résultats obtenus confirment la fiabilité de la station en matière de nitrification (**Traitement tertiaire recommandé**).

9. Nitrite (NO₂⁻)

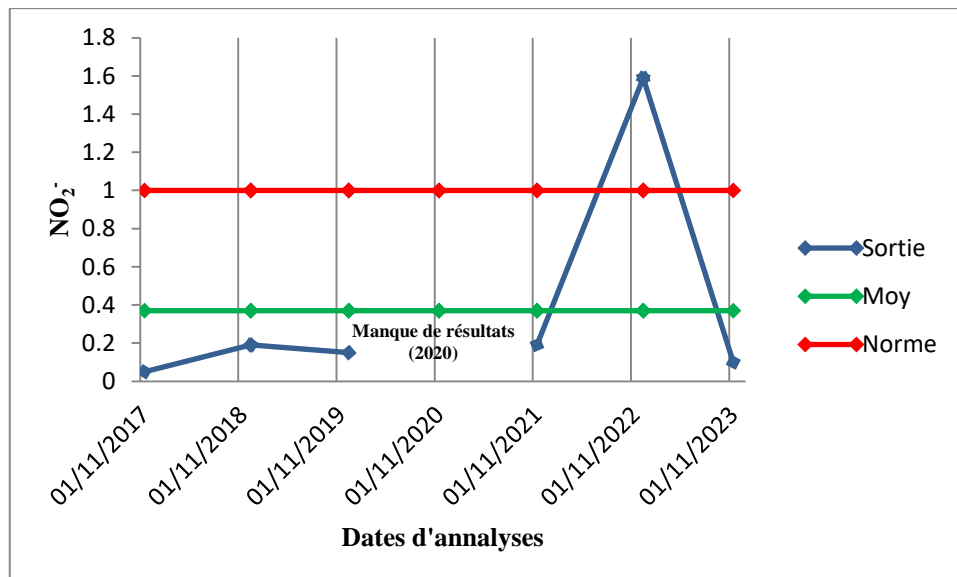


Figure III.9 : Variation moyenne annuelle de NO₂⁻ de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

On observe que les teneurs en nitrites sont faibles, un pic de 1.59 mg/l a été enregistré avec une moyenne de 0.37 mg/l qui est au-dessous de la norme de réutilisation (**OMS ,1mg/l**)

10. La conductivité

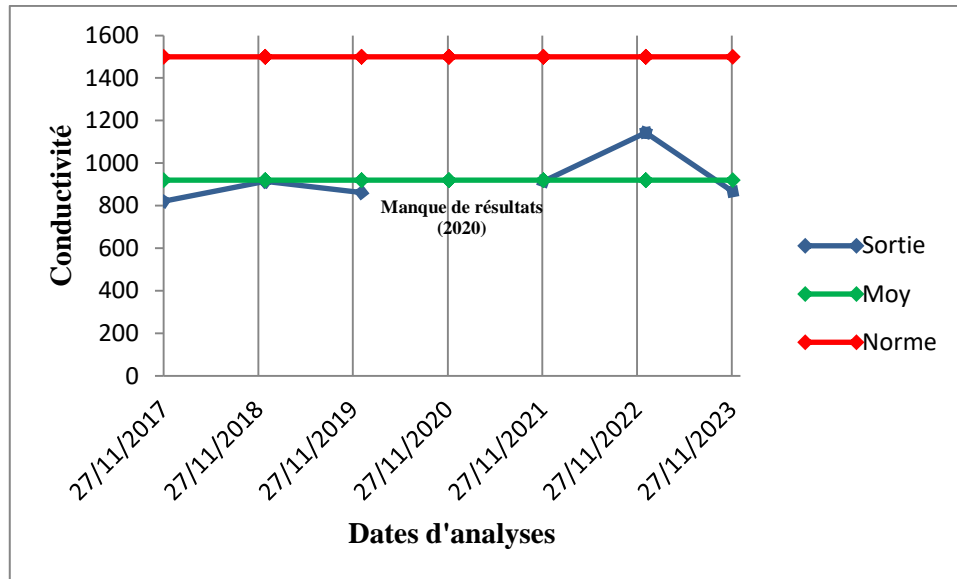


Figure III.10 : Variation moyenne annuelle de la conductivité de l'eau à la sortie de la STEP (Période Novembre 2017 et Novembre 2023)

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la salinité totale de l'eau de rejet, une conductivité électrique de l'eau supérieure à 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entraîne une minéralisation excessive. Dans notre cas les valeurs mesurées sont au-dessous de la norme ciblée, elles sont comprises entre 821.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1 143.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 920.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux épurées.

III.3 Principaux problèmes de la STEP de Ain el Houtz

III.3.1 Diagnostic des ouvrages

Après notre sortie à la station le 16 mai 2024 pour diagnostiquer la station à différents niveaux, Nous avons identifié plusieurs problèmes, classés en :

- Problèmes liés au génie civil
- Problèmes liés aux équipements.

III.3.1.1 Diagnostic du génie civil

Trouvent principalement leur origine dans la qualité de la mise en œuvre du béton.

❖ Ligne des eaux

A. Ouvrages extérieur à la STEP

a. Le déversoir d'orage

Le déversoir souffre de fissuration et de corrosion du ciment à certains endroits, ce qui provoque de très légères fuites d'eau, et pourrait le faire s'effondrer complètement à l'avenir.

B. Ouvrages de Prétraitement

a. Dégrillage

Le dégrilleur mécanique fin

- Le canal de transfert des eaux entrantes et sortantes du dégrilleur est en bon état.
- Le dispositif de dégrillage est affecté par la rouille et la corrosion malgré les tentatives de réparation par soudure. Par conséquent, la station d'épuration

fonctionne désormais avec la grille de bypass (manuelle) car la station fonctionne 24 /24H

b. Le Dessableur-deshuileur

La grande partie des endommagements observés au niveau de cet ouvrage indique :

- Des dégradations observées au niveau du béton découlent en partie du phénomène d'affaissement de cet ouvrage, avec notamment une fissure au niveau des parois, ce qui pourrait entraîner des fuites d'eau à l'avenir.



Figure III.11 : Etat du dessableur-deshuileur (Mai, 2024).

- Le système de drainage des bacs à sable présente des dommages. De plus, ces bacs ne sont pas protégés par des garde-corps, et les regards ne sont pas équipés de caillebotis ou de plaques. la vidange des bacs à sables est un travail pénible pour les ouvriers. Elle se fait avec une pelle à la main.

C. Ouvrages de traitement secondaire

a. L'aérateur

- Les supports des turbocompresseurs d'aération sont devenus faibles et pourraient ne plus être en mesure de stabiliser les moteurs à l'avenir.
- Éclatements du béton.

b. Le clarificateur

- Le pont utilisé pour les travaux de maintenance et de surveillance dans le clarificateur a un poids lourd de 28 tonnes, ce qui exerce une pression sur le clarificateur ancien.
- Selon les travailleurs de la station, la station s'est déjà arrêtée de fonctionner en raison de la défaillance d'une des clarificateur.

D. Ouvrages de traitement tertiaire

a. Le bassin de chloration

- Cet ouvrage ne présente pas de dégâts importants.
- Le processus de chloration au niveau de la station est inexistant.

❖ Ligne des boues

A. L'épaississeur

- Nous n'avons pas remarqué de problèmes notables au niveau de cet ouvrage.

B. Les lits de séchage

- Les lits de séchage sont très dégradés, souffrant de :
 - Fissures dans leur structure ;
 - Fuites d'eau vers l'extérieur ;
 - Un manque de plateforme solide en dessous. Cela représente un risque pour la nappe phréatique.
 - Les problèmes pendant la saison d'hiver sont dus aux pluies et à l'absence de déshydratation mécanique.

III.3.1.2 Diagnostic des équipements

Certains équipements sont soit absents, soit confrontés à divers problèmes, ce qui pourrait entraîner des problèmes de fonctionnement

❖ Ligne des eaux**A. Ouvrages extérieur à la STEP****a. Le déversoir d'orage**

- L'installation ne dispose pas de vanne principale en amont du déversoir d'orage (DO), ce qui est nécessaire pour le nettoyage du déversoir après des crues.
- La vanne murale, située à l'aval du déversoir et responsable de l'entrée de l'eau dans les autres parties de la station, commence à souffrir de rouille.



Figure III.12 : Etat de la vanne murale (Mai ,2024)

B. Ouvrages de Prétraitement**a. Le dégrilleur mécanique fin**

- Le tapis roulant responsable du transport des déchets du dégrilleur vers leur emplacement désigné est devenu très ancien.



Figure III.13 : Etat du tapis roulant (Mai ,2024)

- Le moteur qui gère la chaîne et les râpeaux utilisés pour nettoyer les grilles et déposer les déchets sur le tapis roulant sont irréparables.

Remarque :

Les batardeaux sont constitués de 5 portes qui contrôlent l'eau sortant du dégrilleur et entrant dans le dessableur. Ils sont généralement utilisés en cas de panne de l'un des dégrilleur mentionnés précédemment, bien qu'ils puissent être dans un état de fonctionnement non optimal.

b. Le Dessableur-deshuileur

- Le système de barbotage n'est pas automatique et ne suit pas les technologies modernes.
- L'absence d'un digesteur pour réduire les volumes de graisses et d'huiles, également une mauvaise récupération de ces paramètres.
- La présence de dépôts au fond et l'accumulation de matière sableuse entraînent un dysfonctionnement du racleur de fond.

C. Ouvrages de traitement secondaire

a. L'aérateur

- Tous les mélangeurs du fond des (04) bassins d'aération, utilisés pour homogénéiser la liqueur mixte, sont actuellement en panne. Le problème réside dans la tige qui relie le moteur aux hélices, laquelle se détache à chaque fois en raison du blocage causé par l'accumulation de cheveux et de fils sur l'hélice et la tige.

b. Le clarificateur

- Il est nécessaire de remplacer le racleur de surface et de fond.

D. Autres équipements

- Les postes moyenne tension et tableaux basse tension dans les bâtiments sont tenus en bon état de fonctionnement
- En cas de coupure d'électricité, le groupe électrogène est insuffisant pour répondre aux besoins de la station, ce qui affecte certaines étapes du traitement qui dépendent de moteurs et de pompes.
- La station manque d'un élément important, à savoir un débitmètre pour mesurer le flux d'eau entrant dans la station, essentiel pour une bonne gestion et pour connaître la charge des polluants présents dans l'eau.

- Le débitmètre de sortie n'a été calibré qu'en 2005. Il doit maintenant être remplacé selon le chef service de maintenance.



Figure III.14 : Débitmètre de la sortie (Mai ,2024)

III.3.2 Capacité

Toutes les installations qui sont devenues sous-dimensionnées, et même celles qui fonctionnent encore, il est probable qu'elles deviendront toutes sous-dimensionnées et perdront leur capacité à un traitement efficace après une certaine période. Par conséquent, une extension a été proposée à l'horizon 2054.

III.3.3 Protection et la sécurité du travail :

Les travailleurs de la station sont exposés à un ensemble de risques liés au travail, la plupart étant dus à l'ancienneté de la station, Nous citons parmi eux :

- La zone où se trouvent les grilles n'est pas protégée par une clôture.
- L'accès à la salle des moteurs pour les vis de recirculation est compromis en raison d'un escalier endommagé.



Figure III.15 : l'escalier de la chambre des moteurs vers des vis (Mai ,2024)

- Les couvertures des passages de câbles électriques sont cassées et incomplètes, ce qui pourrait entraver le mouvement des travailleurs ou peut-être conduire à des accidents.



Figure III.16 : Couvertures des passages de câbles (Mai ,2024)

- Les couloirs de circulation des travailleurs et des employeurs, certains d'entre eux sont incohérents, ce qui peut conduire à leur chute.

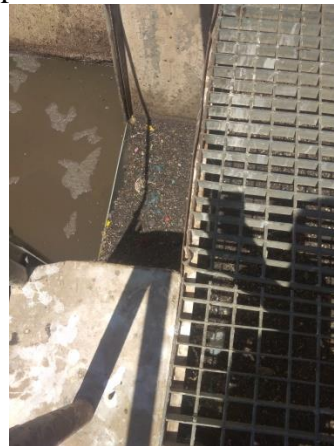


Figure III.17 : Couloirs de circulation des travailleurs (Mai ,2024)

- L'absence de moyens et de méthodes suffisants pour se déplacer librement dans les installations en cas de besoin de nettoyage et de maintenance à l'intérieur.
- Eclairage insuffisant
- Manque des inductions HSE (Hygiène Sécurité Environnement).

III.3.4 Environnement

En général, les abords de la station sont propres, tout comme les routes qui sont en bon état. Cela facilite la mobilité du personnel et des engins à l'intérieur de la station.

III.4 Conclusion

A travers les données et analyses présentées dans ce chapitre, nous pouvons dire que la STEP souffre de certains problèmes au niveau des ouvrages et des équipements, qui sont devenus obsolètes et souffrent particulièrement en termes de génie civil d'une part, et

d'autre part, des niveaux très élevés de polluants physico-chimiques ont été enregistrés en 2022, qui dépassent les normes d'irrigation.

Les eaux épurées ont des valeurs moyennes du NH_4^+ et PO_4 interdites pour l'irrigation.

La valeur moyenne du MES est également très proche aux normes.

Tout ceci nécessite une réparation rapide de la STEP, y compris une étude d'extension et de réhabilitation, et il est recommandé d'élever le niveau de protection et de sécurité de travail au niveau de cette STEP.

Chapitre IV

Etude d'extension de la STEP d'Ain El Houtz

IV. Etude d'extension de la STEP d'Ain El Houtz

IV.1 Introduction

Ce chapitre se focalise sur la révision des dimensions de la station à l'état actuelle (2024) puis le dimensionnement des ouvrages de l'extension pour l'horizon 2054. Il est organisé en trois parties.

1. La première partie consiste à évaluer les débits domestiques en prenant en compte les données démographiques et les habitudes de consommation d'eau (la dotation). L'objectif de cette première étape est de définir la charge hydraulique que notre STEP doit supporter pour l'année en cours (2024) ainsi que pour l'horizon (2054)
2. La seconde partie présente la révision des dimensions des ouvrages existants en se basant sur leurs données de bases afin que la comparaison soit logique et équitable. Ensuite le calcul des dimensions des installations d'extension est effectué, où tous les résultats sont affichés dans le même tableau.
3. La troisième partie présente un bilan complet des dimensions des ouvrages et des installations de la STEP dans différents horizons dans le but de comparer ces résultats.

IV.2 Détermination de la capacité hydraulique de la station:

Pour la détermination de la capacité hydraulique de la station d'épuration des eaux usées urbaines de GUT, nous prenons en considération les hypothèses suivantes:

- 1 - la population aux horizons d'étude soit l'an 2054.
- 2 - la consommation actuelle (2024) (**ADE Tlemcen ,2024**)
 - 150 l/hab/j pour la ville de Tlemcen
 - 150 l/hab/j pour la ville de Mansourah
 - 150 l/hab/j pour la ville de Chetouane

Et pour l'horizon 2054, sera fixée à une dotation de :

- 190 l/hab/j pour le GUT (**ADE Tlemcen ,2024**)

- 3 - le taux de réduction des eaux usées est égal à 80 % de la consommation.
- 4 - les réseaux d'assainissements achevés avec un taux de raccordement de la population de GUT est équivalent à 92%.

IV.2.1 Calcul des besoins en eau :

IV.2.1.1 Besoin domestique : [11]

Tableau IV.1 : Calcul des débits rejetés par le GUT.

Région	Unité	Tlemcen	Mansourah	Chetouane	TOT
% de Hab concerné par la STEP 2024	Hab	107824	32222	7602	147648
% de Hab concerné par la STEP 2054	Hab	129020	85340	18996	233356
Dotation (état actuelle 2024)	l/j/hab	150	150	150	150
Dotation (Horizon 2054)	l/j/hab	190	190	190	190
Débit journalier (état actuelle)	m ³ /j	16173.6	4833.3	1140.3	22147.2
Débit journalier (Horizon 2054)	m ³ /j	24513.8	16214.6	3609.24	44337.64

- Débit d'eau usée total journalier :

$$Q_j = \frac{N \times D}{1000} \quad (IV. 1)$$

- Pour l'état actuelle 2024

- Débit journalier domestique

$$Q_{\text{dom}} = 16173.6 + 4833.3 + 1140.3 = 22147.2 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Pour l'horizon 2054

$$Q_{\text{dom}} = 24513.8 + 16214.6 + 3609.24 = 44337.64 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.2.1.2 Les équipements :

Les besoins des équipements sont estimés à 10 % des besoins domestiques et les eaux parasites à 5 % , donc le total est de 15 % [13].

IV.3 Calcul des débits et des charges polluantes

IV.3.1 Calcul des débits :

- Pour l'état actuelle 2024

- Estimation du débit des équipements :

$$Q_{\text{équipement}} = Q_{\text{dom}} * 0.15 = 3322.08 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_j = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équipement}} = 25469.28 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc : Le débit de rejet sera :

$$Q_{\text{rejet}} = Q_j * 80\%. \text{ (ONA ,Tlemcen)}$$

$$Q_{\text{rejet}} = 25469.28 * 0.8 = 20375.424 \text{ m}^3/\text{j}$$

80% est le coefficient de rejet des eaux

- **Débit de pointe en temps sec :**

$$Q_{\text{pts}} = Q_{\text{moy}} * C_p \quad (\text{IV. 2})$$

C_p : Coefficient de pointe

$$\begin{cases} C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy}}}} \text{ si } Q_{\text{moy}} > 2.8 \text{ l/s} \\ C_p = 3 \text{ si } Q_{\text{moy}} < 2.8 \text{ l/s} \end{cases} \quad (\text{IV. 3})$$

$$Q_{\text{moy}} = 235.826 \text{ l/s}$$

$$C_p = 1.66$$

$$Q_{\text{pts}} = 392.13 \text{ l/s} = 33880.2 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Débit de pointe temps de pluie Q_{ptp}**

Pour calculer le débit de pointe en temps de pluie on utilise la formule suivante :

$$Q_{\text{ptp}} = (3 \div 5) Q_{\text{pts}} \quad (\text{IV. 4})$$

On prend : $Q_{\text{ptp}} = 3 * Q_{\text{pts}}$

$$Q_{\text{ptp}} = 3 * 33880.2 = 101640.6 \text{ m}^3/\text{j}$$

b. Pour l'horizon 2054

- **Estimation du débit des équipements**

$$Q_{\text{équipement}} = Q_{\text{dom}} * 0.15 = 6650.65 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{con.tot}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équipement}} = 50988.286 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc : Le débit de rejet sera :

$$Q_{\text{moy,j}} = 40253.91 * 0.8 = 40790.63 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Débit de pointe en temps sec :**

On a la relation suivante :

$$Q_{\text{moy,j}} = 472.11 \text{ l/s}$$

$$C_p = 1.615$$

$$Q_{\text{pts}} = 762.5 \text{ l/s} = 65879.23 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Débit de pointe temps de pluie Q_{ptp}**

$$Q_{\text{ptp}} = 3 * 65879.23 = 197637.7 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc : les débits de l'extension seront :

$$Q_{\text{j Extension}} = Q_{\text{j2054}} - Q_{\text{j2005}} = 40790.63 - 30\ 000 = 10790.63 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{pts Extension}} = Q_{\text{pts 2054}} - Q_{\text{pts 2005}} = 65879.23 - 49024.62 = 16854.3 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{pts Extension}} = 16854.3 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.3.1.1 Détermination du nombre équivalent habitants :

$$N_{EH} = \frac{Q_{dom}}{D \times 0.8} \quad (VI. 5)$$

$$N_{EH(2024)} = \frac{20375.424 \times 1000}{150 \times 0.8} = 169756 \text{ EH}$$

$$N_{EH(2054)} = \frac{40790.63 \times 1000}{190 \times 0.8} = 268360 \text{ EH}$$

IV.3.2 Détermination des charges polluantes:

D'après les analyses on a :

- $DBO_5 = 236.67 \text{ mg/l.}$
- $MES = 279 \text{ mg/l.}$

a. Pour l'état actuelle 2024

$$C_{DBO5} = 236.67 \times 10^{-3} \times 20375.424 = 4822.252 \text{ kg/j.}$$

$$C_{MES} = 279 \times 10^{-3} \times 20375.424 = 5684.74 \text{ kg/j}$$

b. Pour l'horizon 2054

$$C_{DBO5} = 236.67 \times 10^{-3} \times 40790.63 = 9653.92 \text{ kg/j.}$$

$$C_{MES} = 279 \times 10^{-3} \times 40790.63 = 11380.58 \text{ kg/j}$$

c. Extension

$$D_{j \text{ extension}} =$$

$$C_{DBO5} = 236.67 \times 10^{-3} \times 10790.63 = 2553.81 \text{ kg/j.}$$

$$C_{MES} = 279 \times 10^{-3} \times 10790.63 = 3010.58 \text{ kg/j}$$

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

Tableau IV.2 : Base de dimensionnement de la STEP pour les différents horizons.

paramètres	Unité	Etat actuelle 2024	Horizon 2054	Extension 2054
Type de réseau	--	Unitaire	Unitaire	Unitaire
Charges hydrauliques				
Equivalent habitant	(E.H)	169 756	268 360	98604
Débit journalier	(m ³ /j)	20 375.424	40790.63	10790.63
Débit horaire	(m ³ /h)	848.976	1699.6	499.6
Débit de pointe en temps sec	(m ³ /j)	33 880.2	65879.23	16854.3
Débit de pointe en temps de pluie	(m ³ /j)	101640.6	197637.7	50562.9
Charges polluantes				
Charge en DBO ₅	(Kg/j)	4822.252	9653.92	2553.81
Charge en M.E.S	(Kg/j)	5684.74	11380.58	3010.58
NTK	(Kg/j)	1239.84	2482.10	656.6

La différence marquée entre les données de base sur lesquelles la station a été conçue précédemment et les données présentées dans le tableau ci-dessus confirme le besoin d'extension de la station.

IV.4 Dimensionnement des ouvrages (révision 2024 et extension 2054)

IV.4.1 Ouvrages de prétraitements

IV.4.1.1 Dégrillage

Le dégrillage, surtout en réseau plat et long, doit faire face à des arrivées massives par temps de pluie, alors que la masse des déchets à séparer par temps sec peut être très faible. Son dimensionnement doit donc être sécuritaire et son asservissement doit détecter le « temps de pluie ».

- calcule la largeur et la surface de la grille

Méthode de KRISHMER [14] :

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

$$L_g = \frac{Q_p \times \sin \alpha}{H_{MAX} \times V_e \times (1 - \beta) \times \delta} \quad (IV. 6)$$

Avec :

$$S = \frac{Q_p}{V_e} \quad (IV. 7)$$

Q_p : débit de pointe (m³/s)

L_g : largeur de la grille (m).

α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizon $\alpha = (60^\circ \text{ à } 80^\circ)$.

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

β : Fraction de surface occupée par les barreaux

S : Surface de passage de l'effluent (m^2)

δ : Coefficient de colmatage de la grille.

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

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

V_e : vitesse de l'écoulement à travers de la grille ; $V_e = (0.6 \text{ à } 1)$ m/s.

$$\beta = \frac{d}{d+e} \tag{IV. 8}$$

d : Epaisseur des barreaux (cm).

e : Espacement des barreaux (cm).

Nous conserverons les mêmes données pour l'état actuel (2024) et pour l'extension (2054)

Les données de bases sont présentées dans le tableau IV.3:

Tableau IV.3 : Les données de base pour dimensionner le dégrillage grossier et fin.

	β	v (m/s)	α (°)	H_{max} (m)	d (cm)	e (cm)	δ
Dégrillage grossier	0.28	1	70	1.5	2	5	0.3
Dégrillage fin	0.33	1	70	1.5	1	2	0.5

- **Calcul des pertes de charge [36]**

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

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) \times \sin \alpha \tag{IV. 9}$$

Avec : ΔH : La perte de charge (m).

F : Le coefficient de forme des barreaux.

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

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

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

α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal, ($\alpha = 70^\circ$).

F dépendent de la forme des barreaux qui sont présentées dans le tableau

$\beta = 2,42$ pour les barreaux de section rectangulaire et $\beta = 1.79$ pour les barreaux ronds

- **Calcul des volumes des déchets retenus :**

Le volume des déchets retenus par les grilles dépend :

✓ Du débit de l'effluent.

✓ De la finesse du dégrillage.

Pour une eau usée urbaine, le volume de déchets récupérée par les grilles par an est estimée à :

- ✓ 2 à 5 l/hab/an pour une grille grossière.
- ✓ 5 à 10 l/hab/an pour une grille fine.

$$V_{refus} = \frac{EH \times V_{retrnue}}{1000 \times 365 j} \tag{IV. 10}$$

On résume le dimensionnement du dégrillage dans le tableau V.4 :

Tableau IV.4 : Résultats du dimensionnement des dégrilleurs.

Paramètres		Unité	Horizon 2024		Extension 2054	
			grille grossière	grille fin	grille grossière	grille fin
La hauteur max de l’eau H		(m)	1.5	1.5	1.5	1.5
Epaisseur des barreaux d		(cm)	2	1	2	1
Espacement des barreaux e		(cm)	5	2	5	2
Largeur de la grille L		(m)	2.83	1.82	1.4	0.9
Longueur de la grille l		(m)	0.42	0.65	0.42	0.65
Surface		(m ²)	1.18	1.18	0.59	0.59
Perte de charge ΔH	Barreaux ronds	(cm)	1.3	2.4	1.3	2.4
	Barreaux rectangulaires	(cm)	1.8	1.79	1.8	1.79
Volume de refus min		(m ³ /j)	0.93	2.33	0.54	1.35
Volume de refus max		(m ³ /j)	2.33	4.65	1.35	2.70

IV.4.1.2 Dessablage-déshuilage

Le dessablage est le point clef des prétraitements pour faire face aux événements pluvieux. Une détection des conditions de temps de pluie doit permettre d’accroître les intensités d’extraction.

Pour la décantation des particules, il faut vérifier cette condition :

$$\frac{L}{H} = \frac{V_e}{V_s} \tag{IV.11}$$

Avec :

Ve : vitesse d’écoulement qui varie entre 0.2 et 0.5 m/s

Vs : vitesse de sédimentation 10 à 15 m/h (temps sec) et (40 à 70 m/h temps de pluie)

H : profondeur du bassin (1-2.5) m

Ts : Le temps de séjour et compris entre 3 à 10 minute au débit de pointe

$\frac{L}{H}$: varie entre 10 et 15.

B: largeur de dessableur déshuileur

Nous conserverons les mêmes valeurs pour l’état actuel (2024) et pour l’extension (2054)

Les valeurs sont présentées dans le tableau IV.5 :

Tableau IV.5 : Valeurs proposées pour le dimensionnement du dessableur.

Paramètre	Vs (m/h)	Ve (m/s)
Valeur	40	0.3

$$S_h = \frac{Q_p}{V_s} \tag{IV. 12}$$

$$L = \frac{S_h}{B} \tag{IV. 13}$$

$$H = \frac{L}{11.5} \tag{IV. 14}$$

$$V = S_h * H \tag{IV. 15}$$

$$T_s = \frac{V}{Q_p} \tag{IV. 16}$$

- **Débit volumique d'air injecté**

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

$$Q_{air} = Q_p * V \tag{IV. 17}$$

V : volume d'air à injecter varie de 1 à 1.5 m³ d'air / m³[12].

On prend : V = 1.5 m³ d'air / m³.

- **La puissance de l'Aeroflot**

$$P = P_{util} \times V_t \tag{V. 18}$$

La puissance utile soit 30W/m³

Tableau IV.6 : Résultats du dimensionnement de dessableur

Paramètres	Unité	Dessableur	
		Horizon 2024	Extension 2054
Longueur L	(m)	26	26
Largeur B	(m)	4	2
Surface horizontal S _h	(m ²)	105.87	52.67
Hauteur H	(m)	2	2
Volume V	(m ³)	211.75	105.34
Temps de séjour Ts	(min)	3	3
Débit volumique d'air injecté	(m ³ /s)	1.76	0.88
Puissance de l'Aeroflot	(KW)	6.35	3.16

On Vérifie les conditions de dimensionnement :

$$\frac{L}{H} < \frac{ve}{vs}$$

Pour les deux cas de calcul on a :

$$\frac{26}{2} < \frac{0.3}{0.00416} \quad \text{Alors : } 13.23 < 72.115 : \text{ La condition de dimensionnement est vérifiée}$$

Remarque :

Le déshuilage se déroule en même temps que le dessablage (c'est un ouvrage combiné), les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation à partir de laquelle sont raclées en surface.

- **Quantité de matières éliminées**

Le dessableur élimine 80% de la matière minérale [12] ;

Donc : $M_{me} = 80\% MM$, $MM_s = MM - M_{me}$ et $MES_s = MM_s + MVS$

Le pourcentage de MVS (matières volatiles en suspension) est obtenu en calculant le rapport

$\frac{MES}{DBO_5}$ et à l'aide de ce tableau IV.7 :

Tableau IV.7 : Pourcentage de MVS [15].

MES/DBO₅	1.5	1.17	1	0.83	0.67
MVS %	60	65	68	70	75

On a : $\frac{MES}{DBO_5} = \frac{279}{236.67} = 1.17$ alors : **MVS % = 65%**

a. Horizon actuelle (2024)

$MES = 65\% MVS + 35\% MM$, On a $[MES] = 5684.74 \text{ kg/j}$

$MVS = 0.65 * 5684.74 = 3695.081 \text{ kg/j}$

$MM = 0.35 * 5684.74 \text{ kg/j} = 1989.659 \text{ kg/j}$

La matière minérale éliminé : $M_{me} = 0.8 * 1989.659 = 1591.72 \text{ kg/j}$

La matière minérale en sortie du dessableur : $MM_s = 1989.659 - 1591.72 = 397.93 \text{ kg/j}$

La matière en suspension à la sortie du dessableur : $[MES]_s = [MVS] + [MM]_s$

$[MES]_s = 397.93 + 3695.081 = 4093.01 \text{ kg/j}$

b. Extension (2054)

On a $[MES] = 3010.58 \text{ kg/j}$

$MVS = 0.65 * 3010.58 = 1956.877 \text{ kg/j}$

$MM = 0.35 * 3010.58 \text{ kg/j} = 1053.73 \text{ kg/j}$

La matière minérale éliminé : $M_{me} = 0.8 * 1053.73 = 842.984 \text{ kg/j}$

La matière minérale en sortie du dessableur : $MM_s = 1053.73 - 842.984 = 210.746 \text{ kg/j}$

La matière en suspension à la sortie du dessableur : $[MES]_s = [MVS] + [MM]_s$

$[MES]_s = 1956.877 + 210.746 = 2167.623 \text{ kg/j}$

- **Quantité de sable**

La quantité de sable extraite de dessableur est environ : 8 à 15 l/EH/an (On prend 15 l/EH/an).

$$Q_{sable} = \frac{EH \times V}{365} \quad (IV. 19)$$

- **Quantité de graisse**

La quantité de graisse produite du déshuileur est environ 16g/EH/j

$$Q_{graisse} = \frac{EH \times V}{365} \quad (IV. 20)$$

Tableau IV.8 : Les valeurs de Mme, MMs, MESs

Paramètre	Unité	Horizon 2024	Extension 2054
Matières minérales éliminées par le dessableur Mme	(Kg/j)	1591.72	842.984
Matières minérales à la sortie de dessableur MMs		397.93	210.746
Matière Volatile MVS		3695.081	1956.877
MES sortants du dessableur MESs		4093.01	2167.623
La quantité de graisse produite		11.76	4.32
La quantité de sable extraite	m ³ /j	11	4

La décantation primaire : Dans les stations à faible charge, les quantités de matières en suspension sont souvent faibles. Les processus de traitement biologique peuvent suffire à traiter ces matières sans nécessiter une étape de décantation primaire.

IV.4.2 Ouvrages de traitement secondaire

IV.4.2.1 Bassin d'aération

- **Calcul du rendement d'élimination R**

Il correspond aux taux d'élimination de la DBO₅

$$R = \frac{[DBO_5]_e - [DBO_5]_s}{[DBO_5]_e} \times 100 \quad (IV. 21)$$

Tel que :

[DBO₅]_e : correspond à la concentration à l'entrée du bassin

[DBO₅]_s : correspond à la sortie du bassin, on prend 30 mg/l, la valeur imposée par le journal officiel algérien 2012 comme norme.

$$\text{Le : } (DBO_5)_{\text{éliminer}(2024)} = (236.67 - 30) * 20375.424 * 10^{-3} = \mathbf{4210.99 \text{ Kg/j}}$$

$$\text{Le : } (DBO_5)_{\text{éliminer}(EX-2054)} = (236.67 - 30) * 10790.63 * 10^{-3} = \mathbf{2230 \text{ Kg/j}}$$

$$R = \frac{236.67 - 30}{236.67} \times 100$$

$$\mathbf{R = 87.32 \%}$$

On prend R = **90%**

La station d'Ain El Houtz c'est une station d'épuration par boues activées à faible charge.

Tableau IV.9 : Classes du procédé du traitement biologique à boue activée [12].

Type	Cv (kg DBO ₅ /m ³ .j)	Cm (Kg DBO ₅ /Kg MVS.j)	Rendement DBO ₅ (%)
Faible charge	0.3 – 0.8	0.1 – 0.2	>90
Moyenne charge	0.8 – 1.8	0.2 -0.5	90
Forte charge	1.8	0.5 – 1	80-90

- **Calcul du volume de bassin d'aération :**

Le volume du bassin est déduit de la charge volumique C_v :

On prend C_v = **0.39 Kg DBO₅/m³*j** et on va trouver C_m par itérations

$$C_V = \frac{DBO_{5E}}{V_{Bassin}} \quad (IV. 22)$$

- a. **Horizon actuelle (2024)**

$$\text{Donc } V_{BA} = 12364.75 \text{ m}^3$$

La station contient 4 unités de bassin d'aération, alors notre calcul est rapporté à l'unité de bassin :

$$\text{Volume d'unité} = \frac{12364.75}{4} = 3091.187 \text{ m}^3$$

- **Calcul de la surface horizontale d'unité de bassin :**

Nous conserverons la même valeur actuelle de la hauteur de béton **H = 5.6 m**

$$S_h = \frac{\text{Volume}}{H} = \frac{3091.187}{5.6} = 552 \text{ m}^2 \quad (IV. 23)$$

$$B = \frac{S_h}{L} = \frac{552}{55.5} = 9.95 \text{ m} \approx 10\text{m} \quad (IV. 24)$$

- **Le temps de séjour t_s**

$$T_s = \frac{V}{Q_p} \quad (IV. 25)$$

$$T_s = \frac{12364.75}{1.176} = 2\text{h } 55\text{ min } 14\text{ s} \approx 3\text{h}$$

Remarque : En ce qui concerne l'extension, nous avons suivi la même méthode de calcul tout en proposant deux (02) bassins au lieu de quatre (04).

Tableau IV.10 : Résultat de dimensionnement du bassin d'aération.

Paramètres	Unité	Bassin d'aération	
		Horizon 2024	Extension 2054
Volume V	(m ³)	12364.75	6548.23
Volume Unitaire	(m ³)	3091.187	3274.115
Hauteur H	(m)	5.6	5.6
Surface horizontale S _h	(m ²)	2208	1170
Surface unitaire	(m ²)	552	585
Largeur B	(m)	10	10.54
Longueur L	(m)	55.5	55.5
Temps de séjours T _s	(h)	3	

- Masse des boues dans le bassin X_t :

$$C_m = \frac{Q_0 \times S_0}{X_a} \tag{IV. 26}$$

Q₀ : débit de l'effluent à traiter.

S₀ : concentration de DBO₅.

X_a : masse de la boue en kg en MVS.

$$X_a = \frac{Q_0 \times S_0}{C_m} = \frac{4822.252}{0.13} = 37094.25 \text{ kg}$$

- Concentration des boues dans le bassin [X_a] :

$$[X_a] = \frac{X_a}{V_{BA}} \tag{IV. 3}$$

Donc : [X_a] = [MVS]_{BA} = 3 kg MVS / m³

Tableau IV.11 : Les valeurs de la masse et la concentration des boues et le volume du bassin.

Paramètre	Unité	Horizon 2024	Extension 2054
[X _a]	(kg MVS /m ³)	3	
X _a	(kg MVS)	37094.25	19644.7

IV.4.2.2 Le bassin d'anoxie

$$V_{anoxie} = \frac{N_{a \text{ nitrifier}}}{X_a \times v_{dén}} \tag{IV. 4}$$

V_{anoxie} : Volume du bassin d'anoxie (m³)

N_{a nitrifier} = NTK_{entrée} - NTK_{assimilé} - NTK_{rejeté}

N_a nitrifiant : Quantité à nitrifier

$NTK_{entrée}$: Charge azote KJELDAHL apportée par l'eau brute

: Charge azote KJELDAHL assimilée essentiellement par les bactéries, avec

$NTK_{assimilé} = 5\%$ DBO_5 éliminée dans le bassin biologique

$NTK_{rejeté}$: Charge azote KJELDAHL rejetée avec l'eau épurée

X_a : masse de la boue en kg en MVS

$v_{dénitrification}$: Vitesse de la réaction de dénitrification (g NO_3 /kg MVS.h)

- $Cd = 3,25 \times 1,02(T - 20)$ (formule constructeur X)
- $Cd = 3,33 \times 1,047(T - 20)$ (formule constructeur Y)
- $Cd = f(NTK/DBO_5)$ (Cf. ci-après)

Tableau IV.12 : Vitesses de dénitrification exogène en fonction du rapport NTK/DBO_5 [15].

NTK/DBO_5	Cd
>0.5	1.7
0.4 – 0.5	2.1
0.3 – 0.4	2.4
0.2 – 0.3	2.7
<0.2	3

D'après le chapitre II on sait que : La température moyenne minimale : $T_{min} = 12\text{ °C}$

X : $Cd = 2,77\text{ g N-NO}_3/\text{kg MVS/h}$

Y : $Cd = 2,31\text{ g N-NO}_3/\text{kg MVS/h}$

$Cd = f(NTK/DBO_5)$: $Cd = 2,4\text{ g N-NO}_3/\text{kg MVS/h}$

Retenons (arbitrairement !) une valeur moyenne de $2,5\text{ g N-NO}_3/\text{kg MVS/h}$.

On a : $NTK_{entrée} = 60.85\text{ mg/l} = 1239.84\text{ Kg/j}$

$NTK_{assimilé} = 0.05 \times 4210.99 = 210.54\text{ Kg/j}$

$NTK_{rejeté} = 30\text{ mg/l} = 611.26\text{ kg/j}$ (**Norme algérienne 2012**)

N_a nitrifiant = $1239.84 - 210.54 - 611.26 = 418.04\text{ Kg/j}$

$$V_{anoxie} = \frac{418.04 \times 1000}{3 \times 2.5 \times 24} = 2322.44\text{ m}^3$$

$$V_{anoxie\ unit} = \frac{2322.44}{4} = 580.6\text{ m}^3$$

On va garder la même hauteur et longueur pour trouver B

$$\frac{V_{anoxie}}{V_{B.A}} = \frac{2322.44}{12364.75} = 18\%$$

Cet ordre de grandeur est communément rencontré !

Tableau IV.13 : Résultat de dimensionnement du bassin d'anoxie

Paramètres	Unité	Bassin d'anoxie	
		Horizon 2024	Extension 2054
Volume V	(m ³)	2322.44	1229.94
Volume Unitaire	(m ³)	580.6	615
Hauteur H	(m)	5.6	5.6
Surface horizontale S _h	(m ²)	414.72	219.65
Surface unitaire	(m ²)	103.68	109.82
Largeur B	(m)	5.9	6.25
Longueur L	(m)	17.56	17.56

➤ Les besoins en exogène [12].

- Calcul des besoins en oxygène:

Sont déterminés par la relation suivante :

$$q(O_2) = a' \times L_e + b' \times X_t + 4.3 \times N_{nit} - 2.85 \times C' \times N_{dénit} \quad (IV. 29)$$

q(O₂) : Besoin en oxygène en (kgO₂/j).

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

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

a', b' : sont des coefficients déterminés expérimentalement sous une température de 20°C

a' : besoin pour la synthèse de la biomasse.

b' : besoin pour la respiration.

N_{nit} : quantité d'azote à nitrifier (Kg/j)

N_{dénit} : quantité d'azote à dénitrifier (Kg/j).

C' : Fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification (entre 60-70%). En moyenne 70%. Coefficient cinétique de respiration.

Tableau IV.14 : Valeurs de a' et b' en fonction du type du charge massique [12].

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

D'après le tableau V.13, on a Cm= **0.13 Kg DBO₅ / Kg MVS *j** donc **a' = 0.638 ; b' = 0.073**

Ndénitrifiant : $N_{\text{à nitrifier}} - N_{\text{NO}_3 \text{ rejet}}$ avec : $\text{NO}_3 \text{ rejet} = 2.8 * 20375.424 * 0.00 = 57.05 \text{Kg/j}$

$Q(\text{O}_2) = (0.638 * 4210.99) + (0.073 * 37094.25) + (4.3 * 418.04) - (2.85 * 0.7 * 361) = 6471.87 \text{ kg O}_2/\text{j}$

- Quantité d'oxygène horaire :

$$q(\text{O}_2)_h = \frac{q(\text{O}_2)}{24} \tag{IV. 30}$$

$$q(\text{O}_2)_h = \frac{6471.87}{24} = 270 \text{ kgO}_2 / \text{h}$$

- Quantité d'oxygène pour 1 m³ de bassin :

$$q(\text{O}_2/m^3) = \frac{q(\text{O}_2)}{V} \tag{IV. 31}$$

$$q(\text{O}_2/m^3) = \frac{6471.87}{12364.75} = 0.5 \text{ Kg O}_2 / \text{m}^3 . \text{j}$$

- Quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe :

$$q(\text{O}_2)_{pte} = \frac{a' \times Le}{T_d} + \frac{b' \times Xa}{24} \tag{IV. 32}$$

T_d : Période diurne en heures T_d= 16 h.

Q(O₂)_{pte} = 280.75 kg O₂/h

- Besoin réel en oxygène :

On procède à calculer le besoin réel qui est le besoin de pointe multiplié par les correcteurs α et β

$$q(\text{O}_2)_{reel} = \frac{q(\text{O}_2)_{pte}}{\alpha \times \beta} \tag{IV. 33}$$

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

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

Pour notre cas on prend : $\alpha = 0.8$ et $\beta = 0.8$

$$q(\text{O}_2)_{reel} = 438.65 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$

Tableau IV.15 : Les besoins en oxygène

Paramètres	Unité	O ₂	
		Horizon 2024	Extension 2054
q(O ₂)	(kg O ₂ /J)	6471.9	3210
q(O ₂) _h	(kgO ₂ /h)	270	133.75
q(O ₂ /m ³)	(Kg O ₂ /m ³ .j)	0.5	
q(O ₂) _{pts}	(kgO ₂ /h)	280.75	148.67
q(O ₂) _{réel}	(kgO ₂ /h)	438.65	232.3

• **Calcul de la puissance de brassage**

E_b : Puissance nécessaire pour le brassage en (w)

S_h : Surface horizontale du bassin (m^2).

P_a : puissance absorbée par m^2 du bassin (w/m^2).

P_a : 70 à 80 w/m^2 on prend $P_a = 75 w/m^2$

$$E_b = S_h \times P_a \tag{IV. 34}$$

$$E_b (2024) = 2688 * 75 = 201600 w$$

$$E_b = 201.6 KW$$

• **Calcul de la puissance de l'aération nécessaire :**

$$E_n = \frac{q(O_2)_{reel}}{E_a} \tag{IV. 35}$$

E_a : quantité d' O_2 par unité de puissance tel que $1.5 \leq Pa \leq 1.9 kg(O_2)/Kwh$ on prend une valeur $Pa=1.5$.

$$E_n = \frac{438.65}{1.5} = 292.43 KW$$

• **Nombre d'aérateur :**

$$N_a = \frac{E_n}{E_b} = \frac{292.43}{201.6} = 1.45$$

On adopte 2 aérateurs de surface + 1 aérateur de secoure.

$$N_a = 2$$

Tableau IV.16 : La puissance nécessaire pour le brassage.

Paramètre	Unité	Puissance	
		Horizon 2024	Extension 2054
E_b	(kW/m ²)	201.6	106.7
E_n	(kW)	292.43	154.9
N_a	--	3	

• **Bilan des boues [12] :**

La quantité des boues en excès : est la masse à extraire pour maintenir le système en équilibre par jour:

$$\Delta X = (am \times L_e) + X_{min} + X_{dur} - (b \times Xt) - X_{eff} \tag{IV. 36}$$

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

MES_s : (à la sortie du dessableur-deshuileur)

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

a_m : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par l'élimination de DBO₅), $0.53 < a_m < 0.56$

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

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

$$b = \frac{b'}{1.44} \tag{IV. 37}$$

Avec :

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

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

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

Tableau IV.17 : Calcul de la quantité de boues

Paramètres		X_{min} (kg/j)	X_{dur} (kg/j)	$b \cdot X_t$	$a_m \cdot L_e$	X_{eff}	ΔX (Kg MES/j)
Formule		$0.3 \cdot [MES]_s$	$0.3 \cdot [MVS]$	$0.05 \cdot (X_t)$	$0.55 \cdot [DBO_5]$	$30 \cdot 10^{-3} \cdot Q_j$	--
Valeur	H. 2024	1227.9	1108.5	1854.7	2316.04	611.26	2186.5
	Extension	650	587	982.235	1226.5	323.72	1157.5

- Concentration de boues en excès

$$X_m = \frac{1.2 \times 10^3}{I_m} \tag{IV. 38}$$

Avec :

X_m : Concentration de boues en excès.

I_m : L'indice de Mohlman.

I_m : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette : (100 à 150)
Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues après décantation d'une demi-heure dans une éprouvette de 1 litre.

$C_m = 0.13$ donc on prend $I_m = 150 \text{ mg/l}$

Donc :

$$X_m = \frac{1200}{150} = 8 \text{ kg/ m}^3$$

- Débit de boue en excès :

$$Q_{ex} = \frac{\Delta X}{X_m} \tag{IV. 39}$$

$$Q_{ex} = \frac{2186.5}{8} = 273.3 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Débit spécifique par m³ de bassin :

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \tag{IV. 40}$$

$$q_{sp} = \frac{2186.5}{12364.75} = 0.176 \text{ kg / m}^3 / \text{j}$$

- Le débit des boues recyclées :

$$R = \frac{100 \times [Xa]}{\frac{1200}{Im} - [Xa]} \quad (IV. 41)$$

$$R = \frac{100 \times 3}{\frac{1200}{120} - 3} = 60 \%$$

$$Q_r = R \times \frac{Q_j}{100} \quad (IV. 42)$$

$$Q_r = 60 \times \frac{20375.424}{100} = 12225.25 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Age des boues :

Est donné par la formule suivante : $Ab = \frac{Xa}{\Delta X} \quad (IV. 43)$

Tel que :

Ab : l'âge des boues en jour.

X_a : masse des boues dans le bassin

$$Ab = 16j \text{ et } 23h. \approx 17j$$

Tableau IV.18 : Résultats du bilan des boues.

Paramètre	Unité	Boues	
		Horizon 2024	Extension 2054
Q _{excés}	m ³ /j	273.3	144.7
Q _{sp}	Kg/m ³ /j	0.176	
R	%	60	
Q _R	m ³ /j	12225.25	6474.4
Ab	j	17	

IV.4.2.3 Clarificateur (Décanteur secondaire) :

L'efficacité d'un décanteur dépend de sa forme. Les meilleures performances sont obtenues dans les constructions circulaires à fond très incliné (au moins 50 % par rapport à la surface horizontale)

Nous optons pour un décanteur circulaire à fond incliné muni d'un pont racleur de fond. Et de surface, drainant les boues dans les fosses où elles sont recyclées et le prélèvement excessif de la fraction.

Le dimensionnement de clarificateur est basé sur les données suivantes ;

le temps de séjour : t_s = 1 (÷) 2 heures. On prend t_s = 1,5h.

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

La vitesse ascensionnelle : V m³/ m²/ h

$$V_{asc} = (24 \text{ à } 33) \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$$

Pour : $IM = 150 \text{ ml/g}$; $V_{asc} = 26.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$ [16].

- **La surface horizontale du décanteur:**

$$S_{d\acute{e}can} = \frac{Q_p}{V_{asc}} \quad (IV. 5)$$

$$S_{d\acute{e}can} = \frac{1.176 \times 3600 \times 24}{26.4} = 3848 \text{ m}^2$$

- **Dispositif d'alimentation (Clifford)**

Cette diapositif Assur la bonne répartition des flux de boues à l'intérieur du décanteur ; son rôle est important pour le bon fonctionnement de l'ouvrage. Il doit faciliter à dissipation de l'énergie engendré par le passage du flux de boue du bassin d'aération vers le décanteur (diminution des turbulences dans le décanteur Pour ce faire :

- La vitesse de passage ne doit pas excéder 90 m/h ; on prend $V_{passage} = 90 \text{ m/h}$
- Doit tenir compte du débit d'entré et du débit recerclé ($Q_R + Q_p$) ;
- Immersion à respecter ;
- Horizontalité du débouché du Clifford.

Pour le dimensionnement $Q_R = 100\% Q_p$ (**office international de l'eau**)

Donc : $Q_{cliffort} = 101640.6 * 2 = 203281.2 \text{ m}^3/\text{j}$

$$S_{cliffort} = \frac{Q_p + Q_r}{V_{passage}} \quad (IV. 45)$$

$$S_{cliffort} = \frac{203281.2}{24 \times 90} = 94.11 \text{ m}^2$$

Sachant que la surface du clarificateur :

$$S_{clarificateur} = S_{d\acute{e}can} + S_{Cliffort}$$

$$S_{clarificateur} = 3942.11 \text{ m}^2$$

La STEP d'ain el houtz à deux clarificateur alors, on devise la surface sur deux (02)

$$S_{clarificateur1} = S_{clarificateur2} = \frac{3942.11}{2} = 1971.055 \text{ m}^2$$

$$D_{clarificateur1} = D_{clarificateur2} = \sqrt{\frac{4 \times S_{clarificateur1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1971.055}{\pi}}$$

$$D_{clarificateur1} = 50.09 \text{ m} \approx 50 \text{ m}$$

- **Le volume du clarificateur**

$$V_{clarificateur} = S_{clarificateur} * H \quad (IV. 46)$$

$$V_{clarificateur} = 3942.11 * 4 = 15768.44 \text{ m}^3$$

Donc pour chaque clarificateur on a : $V_{clarificateur1} = V_{clarificateur2} = \frac{15768.44}{2}$

$$V_{clarificateur1} = V_{clarificateur2} = 7884.22 \text{ m}^3$$

- **Le temps de séjour :**

$$T_s = \frac{101640.6}{15768.44} = 6j 10h 41 min$$

Remarque : En ce qui concerne l'extension, nous avons suivi la même méthode de calcul tout en proposant un(01) clarificateur au lieu de deux (02).

Tableau IV.19 : Les dimensions du clarificateur

Paramètres	Unité	Clarificateur	
		Horizon 2024	Extension 2054
Volume V	(m ³)	15768.44	7848.31
Volume Unitaire	(m ³)	7884.22	7848.31
Hauteur H	(m)	4	
Surface horizontale Sh	(m ²)	3942.11	1962.07
Surface unitaire	(m ²)	1971.055	1962.07
Diamètre D	(m)	50	
Temps de séjours TS	/	6h 10 h 41 min	

IV.4.3 Ouvrage de Traitement tertiaire

Ce traitement est basé essentiellement sur les procédés de désinfections qui peut être physiques ou chimiques.

La meilleure désinfection que l'on rencontre en Algérie c'est la désinfection chimique par l'eau de javel.

IV.4.3.1 Bassin de chloration

- Dose du chlore à injecter**

Il est difficile de déterminer avec précision la quantité de désinfectant à appliquer et les abattements en coliformes associés à une quantité donnée de désinfectant.

La dose journalière Dj : $D_j = D \cdot Q_p$ (IV. 47)

Les doses habituellement adoptées sont $D = 2$ à 8 mg/l [16],[17].

On prend une dose $D = 8$ mg/l pendant un temps de contact de 30 min

- Calcul de la quantité de la javel pouvant remplacer la quantité du chlore:**

On prend une solution d'hypochlorite à 40°

1° de chlorométrie → 3.17 g de Cl₂/ NaClO.

40° de chlorométrie → X

$$X = 3.17 \cdot 40 / 1 = 127 \text{ g de Cl}_2 / \text{NaClO}$$

- La quantité d'hypochlorite nécessaire :**

$$1 \text{ m}^3 (\text{NaClO}) \rightarrow 127 \text{ kg de Cl}_2$$

$$Q_j \rightarrow 305.63 \text{ Kg/j}$$

$$Q_{j(2024)} = 305.63 / 127 = 2.4 \text{ m}^3 (\text{NaClO})/j$$

$$Q_{j(2054)} = 306.23 / 127 = 2.4 \text{ m}^3 (\text{NaClO})/j$$

- **La quantité annuelle d'hypochlorite :**

$$Q_{an} = 356 * 2.4 = 854.4 \text{ m}^3 \text{ (NaClO)/an}$$

Le besoin journalier en chlore sera alors :

Tableau IV.20 : Bilan des quantités de chlore

Paramètre	Unité	Horizon 2024	Extension 2054
Dj	(Kg/j)	813	404.5
Qt d'Eau de javel	g de Cl ₂ / NaClO	127	
Qt d'hypochlorite de sodium	m ³ (NaClO)/j	2.4	

- **Dimensionnement du bassin de désinfection**

Temps de séjour : Ts=30 min

Le volume du bassin : $V=Q_{ptp} \cdot Ts \text{ m}^3$

La hauteur du bassin : H de 2 à 4, soit H=4m.

La surface horizontale sh : $sh=\frac{V}{H} \text{ m}^2$

La longueur : L de 1 à 1.5 B (largeur) soit L=1.5B. En (m).

La largeur : $B = \frac{sh}{L}$

Tableau IV.21 : Les dimensions du bassin de désinfection.

Paramètre	Unité	Bassin de chloration	
		Horizon 2024	Extension 2054
Volume V	(m ³)	2117.5	1053.4
Surface S	(m ²)	529.37	263.35
Largeur B	(m)	21.69	15.3
Longueur L	(m)	32.53	23

Remarque : une étape de déchloration est recommandée.

IV.4.4 Ouvrage de Traitement des boues

À travers notre étude pour le diagnostic et l'expansion de la station, nous maintiendrons les mêmes étapes de traitement des boues activées actuelles, tout en proposant quelques ajouts pour l'horizon 2054, parmi lesquels : Digestion, Séchage mécanique des boues.

IV.4.4.1 Epaisseur [15],[18].

L'épaisseur sera dimensionner on fonction des charges polluantes éliminées dans le décanteur primaire et secondaire.

Hauteur 4 à 5 m

La vitesse correspondante est la vitesse limite de décantation qui ne devra en aucun cas être dépassée (0,25 m/h)

- **Calcul de l'extraction**
A. Horizon actuelle 2024

Pb = 2186.5 Kg MES/j

Nous prenons 5 j de traitement de boues par semaine

Quantité à extraire = $Pb * \frac{7}{5} = 2186.5 * \frac{7}{5} = 3061.1 \text{ Kg MES/j}$

Avec 6 h de traitement/jour d'extraction.

Quantité à extraire = $\frac{3061.1}{6} = 510.2 \text{ Kg MES/h}$

On a : $[MES]_R = [MES]_E = f (IM)$

$[MES]_R$: concentration de boues recyclées

Tableau IV.22 : Indice de MOHLMAN en fonction du MES [15].

I Mohlman	150	180	200	250	300
$[MES]_E$ (Kg/m³)	9	7.5	6.5	5.5	4.5

$Im = 150$ Donc : $[MES]_E = 9 \text{ Kg/m}^3$

- **Le débit horaire d'extraction des boues**

$Q_{\text{extraire.h}} = \frac{510.2}{9} = 57 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Le débit journalier d'extraction des boues**

$Q_{\text{extraire.j}} = \frac{3061.1}{9} = 341 \text{ m}^3 /\text{j}$

Il faut bien distinguer l'épaisseur du stockeur

Quantité à extraire par jour = **3161.1 Kg MES/j**

Volume à extraire par jour : **341 m³ /j**

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

- B. Extension**

Pb = 1157.5 Kg MES/j

Quantité à extraire = $Pb * \frac{7}{5} = 1157.5 * \frac{7}{5} = 1620.5 \text{ Kg MES/j}$ Avec 6 h de traitement/j d'extraction.

Quantité à extraire = $\frac{1620.5}{6} = 270 \text{ Kg MES/h}$

- **Le débit horaire d'extraction des boues**

$Q_{\text{extraire.h}} = \frac{270}{9} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Le débit journalier d'extraction des boues**

$Q_{\text{extraire.j}} = \frac{1620.5}{9} = 180 \text{ m}^3/\text{j}$

➤ **Calcul de l'épaisseur (2024)**

- **Surface de l'épaisseur**

$$S_h = \frac{3161.1}{25} = 126.45 \text{ m}^2$$

- **Diamètre de l'épaisseur**

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 126.45}{\pi}} = 12.68 = 13 \text{ m}$$

- **Le volume cylindrique Vc**

$$V_{ep} = 126.45 * 4 = 505.8 \text{ m}^3$$

- **Temps de séjours**

$$T_s = \frac{V_{ep}}{Q_{extrare}} = \frac{505.8}{341} \approx 1.5 \text{ j}$$

Remarque : Le temps de séjour ne doit pas excéder 24h00 si l'épaisseur n'est pas hersé et 48h00 si il est hersé.

Il est souhaitable que l'épaisseur soit hersé !

La concentration des boues après épaissement par décantation est de l'ordre de 20 à 30 g/L [8]. On adopte une concentration de 30 g/L :

$$Q_{épaissi} = \frac{2186.5}{30} = 72.88 \approx 73 \text{ m}^3$$

Remarque : En ce qui concerne l'extension (2054), nous avons suivi la même méthode de calcul tout en basant sur une quantité à extraire par jour = **1620 Kg MES/j** pour le dimensionnement d'un épaisseur cylindro-conique.

➤ **Calcul de l'épaisseur (extension)**

- **Surface de l'épaisseur**

$$S_h = \frac{1620}{25} = 64.82 \text{ m}^2$$

- **Diamètre de l'épaisseur**

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 64.8}{\pi}} = 12.68 = 09 \text{ m}$$

- **Le volume cylindrique Vc : $V_c = 64.82 * 4 = 259.2 \text{ m}^3$**
- **Le volume du cône Vc**

$$V_{\text{cône}} = \frac{H}{3} \frac{\pi D^2}{4} \text{ avec } H_{\text{cône}} = 0.15 * D = 0.15 * 9 = 1.35 \text{ m}$$

$$V_{\text{cône}} = \frac{1.35}{3} \frac{\pi 9^2}{4} = 28.62 \text{ m}^3 \text{ DONC : } V_{\text{tot}} = V_{\text{cône}} + V_c = 28.62 + 259.2 \approx 288 \text{ m}^3$$

- **Temps de séjours**

$$T_s = \frac{V_{ep}}{Q_{extrare}} = \frac{288}{341} = 1.5 \text{ j}$$

$$Q_{épaissi} = \frac{1157.5}{30} = 38.6 \text{ m}^3$$

Tableau IV.23 : Les dimensions de l'épaisseur.

Paramètres	Unité	Epaisseur	
		Horizon 2024	Extension
Débit journalier de boues extraire	(m ³ /j)	341	180
Débit d'épaississement		73	38.6
Quantité à extraire par jour	Kg MES/j	3161.1	1620.5
Volume V	(m ³)	505.8	288
Hauteur de cylindre H	(m)	4	4
Hauteur du cône H	(m)	-	1.35
Surface horizontale S _h	(m ²)	126.45	64.82
Diamètre D	(m)	13	09
Temps de séjours T _S	(j)	1.5	

IV.4.5 Digesteur

Les boues issues du système de traitement par boues activées avec une aération prolongée présentent une forte minéralisation. En conséquence, ils ne doivent pas être traités dans des digesteurs.

IV.4.6 Lits de séchage :

Le dimensionnement de cet ouvrage se fait par la quantité de boues refoulées vers l'épaisseur qui est égale à **2835.6Kg/j** pour l'Horizon 2024 **et 1157.5 Kg MES/j** en 2054.

- **Le volume d'un lit :**

Les hauteurs de charge rencontrées dans la littérature varient entre 20cm et 30 cm avec une préférence pour 20 cm.

Soit : e = 20 cm .Nous avons décidé de maintenir les mêmes dimensions (L, B) avec lesquelles la station a été conçue. (L = 30 m) et (B = 15 m).

Donc :

- **Le volume de lit :**

$$V_{lit} = L \times B \times e \tag{IV. 48}$$

$$V_{lit} = L * l * e = 30*15*0.2 = 90 \text{ m}^3$$

$$V_{lit} = 90\text{m}^3$$

La concentration de boues activées épaissies est de 20 à 50 g/l, On prenant une concentration de S_B = 40 g/l

$$V_e = \frac{\Delta X}{S_0} \tag{IV. 49}$$

$$V_{e (2024)} = \frac{2186.5}{40} = 55 \text{ m}^3$$

$$V_{e(2054)} = \frac{1157.5}{40} = 29 \text{ m}^3$$

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

Nous admettons que le lit sert 12 fois par an (SUEZ)

Donc :

$$V_a = 12 \cdot V = 12 \cdot 90 = 1080 \text{ m}^3$$

- **Volume de boue à sécher par an V_{an} :**

$$V_{an(2024)} = 55 \cdot 365 = 20075 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$V_{anEX(2054)} = 29 \cdot 365 = 10585 \text{ m}^3/\text{an}$$

- **Nombre de lits nécessaires :**

$$N = \frac{V_{an}}{V_a} \tag{IV. 50}$$

$$N_{(2024)} = 19 \text{ Lit}$$

$$N_{EX(2054)} = 10 \text{ Lit}$$

La surface totale des lits de séchage sera :

$$S_{(2024)} = 19 \cdot 30 \cdot 15 = 8550 \text{ m}^2 \quad \text{Et} \quad S_{EX(2054)} = 10 \cdot 30 \cdot 15 = 4500 \text{ m}^2.$$

Tableau IV.24 : Les dimensions des lits de séchage.

Paramètres	Unité	Lits de séchage	
		Horizon (2024)	Extension
Volume V_e	(m^3)	55	29
Volume des boues épandues par lit et par an V_a	(m^3)	1080	
Volume de boue à sécher par an V_{an}	(m^3)	20075	10585
Nombre de lits nécessaires	--	19	10
La surface totale des lits	(m^2)	8550	4500
Largeur B	(m)	15	
Longueur L	(m)	30	

L'importante superficie requise pour le traitement des boues par des lits de séchage a motivé l'évaluation d'une méthode alternative de filtration, utilisant un filtre à bande. Pour cela un filtre à bandes presseuses recommandé pour l'extension.

IV.4.7 Filtres à bandes presseuses.

La technique de filtration sur bandes a connu un intérêt croissant ces dernières années, surtout dans les moyennes et grandes stations d'épuration urbaines. Elle doit essentiellement son développement aux progrès accomplis dans la floculation des boues par la mise en œuvre éclairée des polymères organiques de synthèse les mieux adaptés.

En général, les capacités de filtration et la longueur de bande varient respectivement de 80 à 100 Kg de MS/m/h et de 2 à 3 m. La concentration des boues épaissie est de 20 à 30 g/L [16],[17].

On admet une capacité de filtration de la machine de déshydratation : 100 Kg MS/h pour une largeur de bande de 2 m, La concentration des boues épaissie est de 20 g/L.

Pour une machine automatisée, le temps de fonctionnement est compris entre 8 à 12 heures par jour [17]. La pression est de l'ordre de 15 bars et les gâteaux obtenus sont sec et d'une épaisseur de 2 à 4 cm

- **La quantité des boues extraites (ΔX)[39]**

D'après : Duchêne, 1999

$$\Delta X = \frac{0.84 (flux\ MES_{Entrant} + flux\ DBO_5_{Entrant})}{2} \tag{IV. 51}$$

$$\Delta X = \frac{0.84 (11380.58 + 9653.92)}{2} = 8834.5\ Kg\ MES/j$$

On sait que la quantité des boues extraites (ΔX) est de 8834.49 Kg MES/j, et un temps de fonctionnement de 12 heures, on déduit le débit de déshydratation

- **Débit de déshydratation :**

$$Q_{désHy} = Q_{épaissi} = \frac{8834.5}{30} = 294.5\ m^3/j$$

Tableau IV.25 : Les Caractéristiques de filtre à bonde presseuse

Paramètres	Unité	Horizon 2054
Unité	--	02
Capacité de filtration	(kg MES/h/m)	100
Charge solides minimum	(kg MES/h/m)	736.2
Bande transporteuse	--	1
largeur de bande	(m)	2.5
Quantité de boues traitées	(Kg/j)	8834.5
Débit de déshydratation	m ³ /j	294.5
Débit de déshydratation par filtre	m ³ /j	147.25
Temps de fonctionnement	(h/j)	12
Equipement	--	Pompe +Tuyauterie

IV.4.8 Aire de stockage

La siccité des boues déshydratées par le filtre à bonde est de 18 à 25 % et 20% par les lits de séchage

- **Le volume pour une production journalière**

$$V_{as} = \frac{Production\ des\ boues}{S_{moy}} \tag{IV. 52}$$

Soit : $S_{moy} = 35\ g/l$

$$V_{as} = \frac{8834.5}{35} = 252.41\ m^3$$

IV.4.9 Présentation et analyse des résultats

IV.4.9.1 Filière des eaux

Tableau IV.26 : Comparaison des dimensions (Partie 1)

Paramètres	Unité	Dimensions réel (2005)	Dimensions calculée (2024)	Extension 2054
Dégrilleur grossier				
Largeur L	m	1.8	2.8	1.4
Epaisseur des barreaux d	cm	1	2	2
Dégrilleur fin				
Largeur L	m	1	1.82	0.9
Dessableur-deshuileur				
Longueur L	m	26	26	26
Largeur B	m	4	4	2
Bassin d'aération				
Unité	--	4	4	2
Largeur B	m	18.5	10	10.5
Longueur L	m	55.5	55.5	55.5
Volume V	m ³	4723	3091.187	3274115
Clarificateur				
Unité	--	2	2	1
Diamètre D	m	46	50	50
Volume V	m ³	13288	15768.44	7848.31
Surface unitaire S	m ²	1661	1971	1962
Profondeur H	m	4	4	4
Bassin de chloration				
Volume V	m ³	700	2117.5	1053.4
Dose du chlore à injecter	Kg Cl ₂ /j	960	813	404.5

IV.4.9.2 Filière des boues

Tableau IV.27 : Comparaison de dimensions (Partie 2)

Paramètres	Unité	Dimensions réel (2005)	Dimensions calculée (2024)	Extension 2054
Epaississeur				
Diamètre D	m	14	13	09
Hauteur H	m	4	4	4
Surface unitaire S	m ²	153.983	126.45	64.82
Volume V	m ³	615.75	505.8	288
Lits de séchage				
Longueur L	m	30	30	30
Largeur B	m	15	15	15
N° Lits	--	14	19	10

IV.5 Analyse des résultats

IV.5.1 Etat actuelle 2024

En 2024, la station d'épuration des eaux usées d'Ain El Houtz commence à recevoir des flux et des charges relativement élevés en raison de l'augmentation de la population, qui équivaut à **268360 EH**, et également en raison de l'arrivée des eaux usées des usines mentionnées dans le chapitre I. Après avoir réexaminé les dimensions de la station à travers les calculs précédents et en se basant sur les résultats du tableau IV.26, nous sommes parvenus aux résultats suivants :

Les problèmes majeurs rencontrés actuellement sur la station portent principalement sur le prétraitement avec les dégrilleurs grossier et fin qui sont sous-dimensionnés.

Les dimensions actuelles du dessableur sont équivalentes à celles prévues pour l'année 2024, ce qui signifie qu'il deviendra sous-dimensionné à partir de l'année prochaine (2025)

Le tableau IV.26 montre également que le bassin biologique est toujours capable de supporter les charges appliquées et qu'il fonctionne avec une très haute efficacité. Cependant le clarificateur est sous-dimensionné.

L'épaississeur a été conçu avec des dimensions qui lui permettent encore de traiter efficacement les boues.

Les 14 lits de séchage actuels sont devenus insuffisants pour supporter la quantité de boues provenant de l'épaississeur.

La capacité actuelle du bassin de désinfection est insuffisante en cas de débit de temps de pluies.

IV.5.2 Extension

Pour réaliser l'étude de l'extension de la station pour l'année 2054 On s'est basé sur les critères suivants :

- La superficie de la station est de 17 hectares et l'espace restant est très considérable, donc il est possible de réaliser l'extension très aisément.
- On s'est basé sur la différence entre le débit pour lequel la station a été dimensionnée en 2005 et le débit calculé potentiel pour l'année 2054, de même pour les charges.
- La conception et la réalisation de nouvelles ouvrages en se basant sur les résultats mentionnés dans le tableau IV.25 et le tableau IV.26, pour des raisons économiques.
- Concernant les dimensions de certaines installations et équipements qui ne peuvent pas être réalisés concrètement, il est nécessaire d'adapter leurs dimensions à ce qui est disponible sur le marché.

IV.6 Conclusion

De nombreux ouvrages sont devenus incapables de supporter la charge et le débit entrant à la STEP, comme le dessableur et le clarificateur. De plus, le nombre de lits de séchage est devenu insuffisant pour le séchage des boues. Les travaux d'extension permettent d'améliorer considérablement la capacité de traitement des eaux usées, d'améliorer le rendement et d'épurer les eaux d'une population plus importante.

Une réhabilitation du génie civil et des équipements est recommandée dans le but de prolonger la durée de vie des installations existantes et d'optimiser leur rendement. Grâce à ces ajouts, il est possible d'améliorer le processus de purification des eaux en assurant une élimination plus efficace des polluants et une amélioration de la qualité de l'eau traitée afin de l'utiliser pour l'irrigation.

Chapitre V

Projection d'un traitement tertiaire et réutilisation agricole des eaux épurées

V. Projection d'un traitement tertiaire et réutilisation agricole des eaux épurés

V.1 Introduction

Après avoir examiné les résultats des analyses physico-chimique des eaux de la STEP, Il s'agit d'étudier la faisabilité de l'irrigation par ces eaux du périmètre de Hennaya et surveiller la capacité de la station à répondre aux besoins des cultures agricoles, il est important de proposer un traitement tertiaire approprié et efficace pour l'horizon 2054. Ces solutions visent à améliorer son rendement et ses performances épuratoires, étant donné que ses eaux épurées sont destinées à l'irrigation selon des normes plus rigoureuses.

V.2 Qualité de l'eau épurée en vue d'une réutilisation agricole.

V.2.1 Analyse chimique de l'eau



Figure V.1 : Les rejets de la STEP d'Ain El Houtz

Pour assurer une surveillance efficace de la qualité des eaux traitées issues de la station d'épuration, on va baser sur les analyses des divers indicateurs de contamination de l'eau épurée, présentées dans le chapitre III. Suivies par les paramètres suivants :

1. La conductivité

D'après le tableau III.2 (**Chapitre III**), On a : $CE = 920.5 \mu S/cm$.

Donc : Il est possible de classer cette eau dans la catégorie C3 [$750 \mu S/cm - 2250 \mu S/cm$], Cette catégorie correspond à des eaux présentant une salinité élevée, qui ne conviennent pas aux sols à faible drainage. De plus, ce type d'eau ne doit pas être utilisé pour l'irrigation des plantes sensibles aux sels (sauf les cultures tolérant à moyennement tolérants).

Tableau V.1 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité des eaux	Les cultures
C1	$\text{CE} \geq 250$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$250 \leq \text{CE} \leq 750$	Risque moyen de salinité	Pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$750 \leq \text{CE} \leq 2250$	Risque élevé de salinité	Ne convient qu'à des sols drainés et des plantes tolérantes à moyennement tolérantes.
C4	$\text{CE} > 2250$	Risque très élevé de salinité	Eau difficilement utilisable

Source : (FAO ,1995)

2. Eléments traces métalliques

Tableau V.2 : Concentrations de métaux lourds et d'éléments toxiques détectés (en mg/dm³) dans les eaux usées traitées [19].

Elément	Résultats des tests				Normes ¹
	12-08-2014	26-07-2015	13-07-2016	15-03-2017	
Aluminium	–	0.1010	0.0960	0.0724	20
Arsenic	–	0.0063	0.0001	0.0043	2
Béryllium	–	0.0009	0.0300	0.0710	0.5
Bore	–	0.1010	0.0584	0.0920	2
Cadmium	0.002	0.0100	<0.001	0.0029	0.05
Chrome	<0.50	<0.010	–	0.0700	1
Cobalt	<0.10	0.0030	<0.010	0.0490	5
Cuivre	<0.05	<0.010	0.01	0.0320	5
Cyanure métallique	–	0.0791	0.0805	0.0400	0.5
Fluor	–	–	0.0213	0.0634	15
Fer	0.150	0.0300	0.1690	0.0630	20
Plomb	–	0.0050	0.0100	0.0058	10
Manganèse	–	–	0.0182	0.0500	10
Mercure	–	0.0025	<0.004	0.0037	0.01
Nickel	0.420	0.0070	<0.01	0.0840	2
Zinc	<0.20	<0.040	0.1300	0.0954	10

1 : Arrêté interministériel [2012]

On peut constater dans le tableau V.2 que les résultats des échantillons analysés sont dans l'ensemble très satisfaisants. Ceci peut s'expliquer de deux manières, la première étant le GUT est une région à vocation agricole où il y a très peu d'industries. Donc les rejets sont domestiques, et il est connu que les déchets industriels sont la principale source de la contamination par les métaux lourds. Deuxièmement, le mode de traitement, puisque le procédé des boues activées permet une bonne élimination des métaux tels que Cd, Cr, Cu, Zn, Ni et Pb.

3. Paramètres microbiologiques

Tableau V.3 : Données microbiologiques dans les effluents de la STEP [19].

Paramètre	Résultats des tests			Normes ¹
	28.08.2011	15.03.2017	12.04.2017	
Coliformes fécaux (CFU·(100 cm ³)-1), Moyenne géométrique	7 200	240	75	<1 000
Nématodes intestinaux (œufs·dm ⁻³), Moyenne arithmétique	–	30	abs	<1

1 : Arrêté interministériel [2012]

Les résultats des analyses microbiologiques (Tableau V.3) confirment qu'en réalité, les processus conventionnels de traitement des eaux usées permettent une élimination satisfaisante de la charge organique, mais semblent moins efficaces pour l'élimination des microorganismes pathogènes.

4. Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :

L'évaluation de la qualité des eaux destinées à l'irrigation s'effectue en utilisant l'indice de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.). Cet indice quantifie l'équilibre entre la concentration en ions sodium et la concentration totale des ions calcium et magnésium présents dans l'eau. Il est essentiel pour déterminer le potentiel d'alcalinisation de l'eau, qui est estimé à l'aide de la formule mathématique suivante :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Mg+Ca}{2}}} \quad (V. 1)$$

Avec :

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l.

D'après les résultats des analyses, l'eau est caractérisée par :

Tableau V.4 : Eléments chimiques pour le calcul de SAR.

Paramètre	Masse molaire atomique (g.mol ⁻¹)	Valeur (mg/l)	Valeur (meq/l)
Ca ²⁺	40.1	94	4.69
Mg ²⁺	24.3	51	4.19
Na ⁺	23	66.25	2.88

Remarque : c'est analyses respect les normes d'irrigation (Annexe 04).

Alors : SAR = **1.37**.

On a aussi :

Tableau V.5 : Classement des eaux selon le SAR.

Classe d'Alcalinité	SAR	Observations
S1	SAR<10	L'eau contenant une faible quantité de sodium peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans risque d'alcalinisation

D'après le résultat de calcul, on remarque que notre eau est de classe **S1**, ce qui indique qu'on peut utiliser cette eau pour l'irrigation sans risque d'alcalinisation.

- **Classification chimique de l'eau d'irrigation**

Après avoir calculé le SAR (SAR = 1.37) et la conductivité électrique (CE = 920.5 $\mu\text{S/cm}$) des eaux sortant de la station, nous avons projeté ces résultats sur **l'annexe 03** et, par conséquent :

Les eaux de la station Ain El Houtz appartiennent à la catégorie (C3-S1), ce qui indique qu'elles sont d'une qualité moyenne à médiocre. Par conséquent, elles doivent être utilisées avec précaution dans les sols lourds et mal drainés, ainsi que pour l'irrigation des plantes sensibles, telles que les arbres fruitiers.

V.3 Le traitement tertiaire

Après que l'eau ait traversé les différentes étapes de traitement (dégrillage, traitement biologique et clarification), il se peut qu'elle ne soit pas suffisante pour éliminer certains polluants résiduels tels que l'azote et le phosphore, ou des organismes microscopiques et microbiens comme les coliformes fécaux et totaux. Surtout que le traitement au chlore de notre station est actuellement suspendu et que l'eau de cette station est destinée à l'irrigation [destinée à l'irrigation du périmètre de Hennaya de 912 ha (**ONID Tlemcen**)], elle doit donc être conforme aux normes d'irrigation algériennes. Pour cela, nous allons analyser l'eau sortant de la station afin d'étudier la possibilité de proposer un traitement tertiaire efficace et peu coûteux, dans le but d'améliorer la qualité de l'eau de cette station.

V.3.1 L'objectif du traitement tertiaire (Cas de la STEP d'Ain El Houtz)

- Protection du barrage SEKKAK de la pollution
- Irrigation de la pleine de Hennaya
- Protection de l'environnement

V.3.2 Dimensionnement des ouvrages du traitement tertiaire

V.3.2.1 Méthodologie de recommandation pour les installations de traitement tertiaire.

À partir de ce qui a été précédemment exposé dans ce chapitre, il est apparu que les eaux de la station contiennent des proportions relativement élevées d'azote ammoniacal et de MES (Matières En Suspension), qui dépassent parfois les normes recommandées.

En prenant en compte les éléments suivants :

- Le processusEfficacité vis-à-vis des micros et macro-polluants ;

- EconomieCoût d'exploitation (Optimum technico-économique) ;
- La surface disponible.

Nous avons décidé de proposer :

V.3.2.2 Filtre à sable rapide

Les systèmes de filtration tertiaire sont capables d'éliminer la plupart des solides en suspension. Ce qui assure un bon fonctionnement pour l'étape de désinfection. En outre, les quantités de nutriments tels que le phosphore et l'azote sont également réduites de manière significative en limitant également les phénomènes d'eutrophisation par l'élimination des nutriments de l'eau (azote et phosphore).

Remarque : les filtres à sable lents nécessitent des surfaces plus importantes.

A. Dimensionnement du filtre à sable

Un filtre à sable gravitaire est retenu, avec les critères de conception suivants [20].

- Matériaux : béton ;
- La vitesse de filtration est comprise généralement entre 7 m/h à 20 m/h ; on prend $V = 15$ m/h
- Hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant h (1 à 1.2) m ;
- Hauteur de matériau filtrant homogène, comprise entre 0,8 et 1,5 m ; on prend $H_{lit} = 1.5$ m.
- Une taille effective du matériau filtrant, en général de 0,95 mm ou 1,35 mm (fourchette extrême: 0,7 mm et 2 mm) ;
- Un lavage simultané à l'air et à l'eau.
- Hauteur de filtre doit tenir compte de l'épaisseur du filtre, de la hauteur d'eau et du support du filtre sur lequel repose et elle est comprise entre 3 et 4 m. on prend $H_{filtre} = 3$ m.
- Les débits mis en œuvre sont les suivants :
 - Débit de retour d'eau filtrée de lavage : 7 à $m^3/h.m^2$
 - Débit d'air de lavage: 50 à 60 $m^3/h.m^2$
 - Débit de balayage: de l'ordre de 5 $m^3/h.m^2$
 - Débit de rinçage: 15 $m^3/h.m^2$

Compte tenu des temps de manœuvre des vannes, le lavage dure 10 à 12 minutes et se termine par le remplissage du filtre jusqu'à son niveau normal de filtration.

- **La surface du lit de sable :**

$$Q_p = v \times S_{lit} \quad (V. 2)$$

$$S_{lit} = \frac{Q_p}{v} = \frac{197637.7}{24 \times 15} = 549 \text{ m}^2$$

- **Le volume du bassin :**

$$V_{filtre} = S_{lit} \times h \quad (V. 3)$$

$$V_{filtre} = 549 \times 3 = 1647 \text{ m}^3$$

- **La hauteur du lit de sable**

Pour cette étude on prend $H = 1.5$ m

- **La granulométrie**

La taille effective du matériau filtrant, en général de 0,95 mm ou 1,35 mm (fourchette extrême: 0,7 mm et 2 mm).

- **Les pertes de charge**

On peut estimer la valeur des pertes de charges par la loi de Darcy ou bien La formule de Kozeny (ou Kozeny-Carman) mais la formule d'Ergun est plus générale, car elle s'applique à tous les régimes hydrauliques. (SUEZ)

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150\mu(1-\epsilon)^2 v}{d_p^2 \epsilon^3} + \frac{1.75\rho(1-\epsilon)v^2}{d_p \epsilon^3} \quad (\text{V. 4})$$

Avec :

ΔP : Perte de charge (m) ;

H : Hauteur du lit de sable ;

v : Vitesse de filtration m/s ;

d_p : Diamètre moyen des particules (m) ;

ρ : Masse volumique du sable (kg / m^3) ; on prend $\rho = 2600 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

μ : Viscosité dynamique de l'eau à 20 °c (Pa.s) ;

ϵ : Porosité initiale du lit.

Tableau V.6 : Propriétés du lit de filtration

Paramètre	d (mm)	ρ (kg/m^3)	μ (Pa.s)	ϵ	H(m)
Valeur	0.95	2600	10^{-3}	0,5	1.5

$$\Delta P = \left[\frac{150 \cdot 10^{-3} (1-0.5)^2 \cdot 4.16 \cdot 10^{-3}}{(0.95 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0.5^3} + \frac{1.75 \cdot 2600 (1-0.5) (4.16 \cdot 10^{-3})^2}{0.95 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5^3} \right] \times 1.5 = 1576.93 \text{ Pas}$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{1576.92}{9.81 \cdot 10^3} = 0.16 \text{ m}$$

- **Le rétro-lavage**

À mesure que la filtration se déroule, les particules retenues entraînent un colmatage du lit de filtration, ce qui entraîne une augmentation des pertes de charge et une réduction de l'efficacité du procédé. Une fois qu'une perte de charge importante est atteinte, il est essentiel de procéder à une étape de rétro-lavage. L'objectif de cette étape est de rendre le lit de sable plus fluide en injectant de l'eau et de l'air à contre-courant, ce qui favorise la séparation des particules et accroît la porosité du milieu. Les grains de sable, qui ont une vitesse de sédimentation plus faible que les petites particules retenues dans le média filtrant, sont alors emportés vers la surface. Ces particules en suspension sont recueillies dans l'eau de lavage par une goulotte placée au-dessus du lit de sable.

Tableau V.7 : Caractéristique des fluides du rétro-lavage

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

- La perte de charge du média filtrant (SUEZ)

$$\Delta P = H * g * (1 - \epsilon_{lit}) * (\rho_p - \rho_f) \quad (\text{V. 5})$$

Avec :

H : Hauteur du lit à sable en m.

ΔP : Perte de charge engendrée par le media filtrant (m)

ϵ_{lit} : Porosité initiale du lit filtrant

- a. La perte de charge de l'eau du média filtrant

$$\Delta P_{\text{eau}} = 1.5 * 9.81 * (1 - 0.5) * (2600 - 1000) = 11772 = \mathbf{1.2 \text{ m}}$$

- b. La perte de charge de l'air du média filtrant

$$\Delta P_{\text{air}} = 1.5 * 9.81 * (1 - 0.5) * (2600 - 1.204) = \mathbf{1.94 \text{ m}}$$

Deux bassins de filtration (**Aquazur V**) sont prévus pour des raisons d'exploitation (lavage et entretien des filtres)

Tableau V.8 : Les dimensions du filtre rapide à sable.

Paramètres	Unité	Horizon 2054
Unité	--	02
Volume unitaire	(m ³)	1647
Surface unitaire	(m ²)	549
Longueur L	(m)	30
largeur B	(m)	18.3
Hauteur H	(m)	3
Vitesse de filtration	(m/h)	15
Perte de charge	(m)	0.16

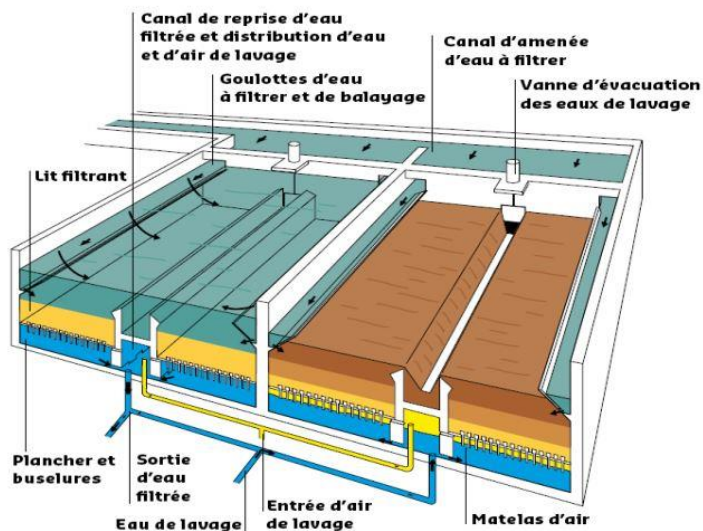


Figure V.2 : Principe de fonctionnement (service et lavage) de l'Aquazur V [20].

V.3.2.3 Désinfection par UV

Les générateurs ultraviolets peuvent être placés soit dans un canal, soit dans un ou plusieurs modules métalliques cylindriques.

Un dispositif mesurant l'intensité du rayonnement émis déclenche une alarme en cas de dysfonctionnement.

On doit garantir les valeurs d'abattement suivantes :

- Sur bactéries
- Sur kystes de parasites (**Gardia, cryptosporidium**)
- Sur virus

Paramètres influençant l'efficacité de la désinfection

A. Paramètres de fonctionnement

- **Le temps d'exposition** : Il est fonction du débit et donc de la vitesse de passage de l'effluent dans l'installation (10 à 20 secondes)
- **L'intensité UV émise par les lampes** : L'intensité UV nominale est fonction du nombre de lampes allumées (100 mWs/cm^2)

Remarque : l'appareil doit fournir une dose de rayonnement UV minimale de 16 mWs/cm^2 au point le plus éloigné de la chambre de contact quel que soit le débit entrant et la qualité de l'eau à désinfecter.

B. Paramètres de qualité de l'effluent

- **Transmission UV** : En général, avant de choisir un procédé UV, on considère qu'une transmittance inférieure à 35% demanderait une dose trop élevée, soit trop de lampes pour rentabiliser la désinfection par UV avec des lampes basse pression.

Tableau V.9 : Transmittance et absorbance pour différents types d'eau [17].

	Transmittance	Absorbance (u.a/cm)
Eau potable	95	0.02
Effluent tertiaire	80	0.10
Effluent secondaire bonne qualité	65	0.19
Effluent secondaire mauvaise qualité	35	0.46
Eaux pluviales	20	0.70
Effluent primaire	5	1.30

- **Les matières en suspension :** Puisque le rayon UV est peu pénétrant, les M.E.S peuvent fournir une protection aux micro-organismes.
- **La turbidité :** Elle quantifie la diffusion de la lumière par une particule éclairée par une source lumineuse.

V.3.2.4 Dimensionnement du bassin d'UV

- **Calcule dose moyenne de la dose UV (D):**

$$D = I \times T_{\text{exposition}} \quad (\text{V. 6})$$

D : Dose moyenne de la dose UV (mW.s/cm²) [21].

On prend :

Tableau V.10 : Les données de base pour calculer la dose moyenne de la dose d'UV.

Paramètre	Unité	Valeur
T _{exposition}	S	20
I	mW /cm ²	100

Donc : $D = 100 * 20 = 2000 \text{ mW. s/cm}^2 = 2 \text{ W. s/cm}^2$

V.3.3 Le volume du bassin d'UV :

$$V = Q_{\text{ptp}} \times T_{\text{exposition}} \quad (\text{V. 7})$$

$V = 2.287 * 20 = 45.75 \text{ m}^3$

Tableau V.11 : Les dimensions du bassin d'UV

Paramètre	Unité	Valeur
dose moyenne de la dose UVD	W. s/cm ²	2
Volume V	m ³	45.75

V.4 Faisabilité de l'irrigation par les eaux de la STEP d'Ain El Houtz du périmètre de Hennaya

V.4.1 Présentation du périmètre de Hennaya

V.4.1.1 Situation géographique

Le périmètre est situé dans la partie nord de la plaine d'Hennaya, Wilaya de Tlemcen, à 11 km en aval de la station d'épuration d'Ain El Houtz, sa superficie est de 912 Ha équipés dont 745 Ha sont exploités et 800 ha sont irrigables. Ses terrains ont un caractère fortement plat avec une pente régulière de 1.7 % avec des altitudes variant entre 304.00 m et 358,00 m. (ONID)

V.4.1.2 Situation climatique

Le climat du périmètre irrigué, concerné par la REUE, caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec des précipitations moyennes annuelles de 525 mm et une saison humide qui dure huit (08) mois (d'octobre à mai) où la pluviométrie atteint 93% des précipitations totales annuelles. La saison sèche dure quatre mois (de juin à septembre). Avec des températures moyennes entre 11 et 30 °C. Ce périmètre bénéficie des eaux traitées de la STEP de Ain El Houtz depuis 2011[22].

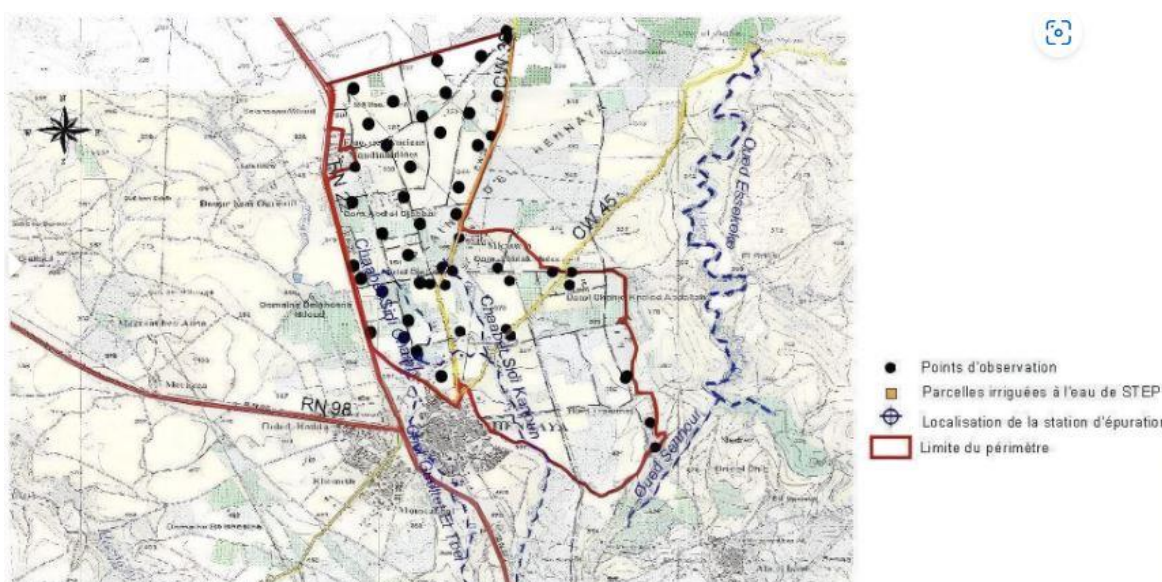


Figure V.3 : Délimitation du périmètre de Hennaya

V.4.2 Etude du périmètre irrigué de Hennaya**V.4.2.1 Ressources en sol**

Les sols du périmètre sont constitués de sesquioxydes de fer, rouges, à réserve calcique, peu lessivés, recalciifiés, profonds, limono argileux, des sols iso-humiques, marrons encroûtés, calcimagnésiques, carbonates bruns calcaires modaux nécessitant un apport d'amendements organiques et minéralaux et de sols iso-humiques, marrons encroûtés, à complexe saturé type limono argileux et aussi des sols inaptes à l'irrigation. Quant aux caractéristiques hydrodynamiques ces sols montrent des caractères homogènes avec une perméabilité moyenne de $K= 3.05.10^{-6}$ à $27.5 10^{-6}$ m/s et un drainage latéral faible de $K=1.04$ à 2.31 m/s. Ces caractères préconisent une irrigation par aspersion [22].

V.4.2.2 Ressources en eau

Avant la mise en place du périmètre en 2012, les cultures cultivées à Hennaya étaient irrigués par l'eau pluviale, ainsi que d'arbres fruitiers, d'agrumes et de maraîchages irrigués par les puits, les forages et les eaux du cours d'eau Sekkak de la région. En 2012, Un nouveau réseau d'irrigation est alors mis en place dans le périmètre, alimenté par les eaux usées épurées d'Ain EL Houtz. Ce réseau est irrigué de différentes manières : par aspersion, par goutte à goutte et par rigoles.

De 2011 à 2014, les vergers ont été en phase de réhabilitation et le nouveau réseau d'irrigation encore en phase d'essai.

Depuis 2014 et jusqu'à présent Le périmètre est principalement fourni en eau par les eaux recyclées provenant de la STEP d'Ain El Houtz. Il est prévu que le périmètre reçoive environ 11 Mm^3 de recyclage par an, soit $30000 \text{ m}^3/\text{j}$. Les eaux traitées sont conservées dans un bassin de régulation. Ensuite. Le périmètre est irrigué à la demande, l'irriguant n'étant pas obligé de suivre des horaires fixes.

Afin d'acheminer les eaux usées de la station d'épuration d'Ain El Houtz vers le périmètre irrigué de Hennaya, un ensemble d'aménagement a été réalisé, comprenant :

Tableau V.12 : Caractéristiques du système d'irrigation Hennaya [23].

Paramètre	Unité	
Réservoir	m^3	9300
Brise charge	--	02
Bornes installées	--	102 avec 138 prises
Adduction	ml	13835
Réseau de distribution	ml	26720
Diamètre (Distribution)	mm	90-500
Type de conduite (Distribution)	--	PVC
Diamètre (Frété Béton)	mm	600-800
Nombre d'exploitant théorique	--	212
L'irrigation par	--	secteur en rotation
Système et mode d'irrigation	--	Gravitaire

V.4.3 Les cultures irriguée

La STEP a fourni l'eau épurée nécessaire pour répondre à tous les besoins en eau du périmètre exploité, cette demande en eau est satisfaite, et elle le sera à l'avenir, car le débit d'eau épurée destiné au périmètre irrigué, qui s'élève à 11 Mm³/an, n'est pas encore atteint. Les cultures cultivées dans le champ de Hennaya sont variées et couvrent de vastes superficies. Ces cultures se manifestent sous la forme des agrumes, oliviers, céréalicultures et d'arbres fruitiers divers, Cependant seules les agrumes et les oliviers bénéficient de l'eau de la STEP et l'irrigation des divers arbres fruitiers (pruniers, pêchers, poiriers, etc.) et les céréalicultures, par les eaux épurées des étant interdite. Et cela correspond aux résultats obtenus par la partie de l'analyse chimique de l'eau au court de ce chapitre (catégorie(C3-S1)).

La superficie irriguée est passée de 330 ha en 2012 à 745 ha en 2018, ce qui représente une couverture de 81,68% par rapport à la superficie totale du territoire (912 ha) [22].

Tableau V.13 : Évolution des superficies et des cultures du périmètre irrigué de Hennaya

Année	Superficie irriguée (ha)				Superficie total
	Agrumes	Oliviers	Arbres fruitier divers	Céréalicultures	
2011	330	10	15	5	360
2012	330	10	15	5	360
2013	330	10	20	5	365
2014	330	10	70	5	415
2015	435	40	150	40	665
2016	475	40	150	50	715
2017	475	70	150	50	745
2018	475	70	150	50	745

V.4.4 Estimation des besoins

Pour le calcul des besoins on se base sur l'évaluation du bilan hydrique suivante :

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + K.RS_{i-1}) \quad (\text{V. 8})$$

ETM : l'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en (mm) où :

$$(ETM = ET_0 \times K_c) \quad (\text{V. 9})$$

Avec :

K_c : le coefficient culturel de la culture considérée ;

P_{eff} : la pluie efficace ;

RS_{i-1} : La réserve utile.

A l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, nous avons saisi les données mensuelles (T, P, Vent, Radiation) afin d'obtenir les valeurs de l'évapotranspiration de référence (ET0).

Tableau V.14 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.

Mois	P _{moy} (mm)	P _{eff} (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
SEPT	20.79	14.55	136.52	1.50	182.00	0.00	0.4	54.61	40.06
OCT	37.73	26.41	93.78	1.50	182.00	0.00	0.75	70.34	43.92
NOV	55.75	39.02	59.8	1.50	182.00	0.00	0.75	44.85	5.83
DEC	51.13	35.79	50.73	1.50	182.00	60.67	0.75	38.05	0.00
JAN	57.21	40.05	49.63	1.50	182.00	91.00	0.65	32.26	0.00
FEV	47.05	32.93	56.82	1.50	182.00	91.00	0.65	36.93	0.00
MARS	40.96	28.67	82.38	1.50	182.00	91.00	0.45	37.07	0.00
AVR	43.04	30.13	110.44	1.50	182.00	60.67	0.45	49.70	0.00
MAI	32.42	22.69	141.99	1.50	182.00	0.00	0.45	63.90	41.20
JUN	5.47	3.83	168.69	1.50	182.00	0.00	0.55	92.78	88.95
JUI	2.00	1.40	198.05	1.50	182.00	0.00	0.65	128.73	127.33
AOUT	4.47	3.13	195.52	1.50	182.00	0.00	0.70	136.86	133.74

Tableau V.15 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.

Mois	P _{moy} (mm)	P _{eff} (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
SEPT	20.79	14.55	136.52	1.50	182.00	0.00	0.85	116.04	101.49
OCT	37.73	26.41	93.78	1.50	182.00	0.00	0.85	79.71	53.30
NOV	55.75	39.02	59.8	1.50	182.00	0.00	0.75	44.85	5.83
DEC	51.13	35.79	50.73	1.50	182.00	60.67	0.65	32.97	0.00
JAN	57.21	40.05	49.63	1.50	182.00	91.00	0.65	32.26	0.00
FEV	47.05	32.93	56.82	1.50	182.00	91.00	0.65	36.93	0.00
MARS	40.96	28.67	82.38	1.50	182.00	91.00	0.65	53.55	0.00
AVR	43.04	30.13	110.44	1.50	182.00	60.67	0.65	71.79	0.00
MAI	32.42	22.69	141.99	1.50	182.00	0.00	0.65	92.29	69.60
JUN	5.47	3.83	168.69	1.50	182.00	0.00	0.80	134.95	131.13
JUI	2.00	1.40	198.05	1.50	182.00	0.00	0.85	168.34	166.94
AOUT	4.47	3.13	195.52	1.50	182.00	0.00	0.85	166.19	163.07

Tableau V.16 : Récapitulatif des besoins nets (mm).

Mois	Olivier	Agrumes	B tot (mm)
SEPT	101.49	40.06	141.55
OCT	53.3	43.92	97.22
NOV	5.83	5.83	11.66
DEC	0	0	0
JAN	0	0	0
FEV	0	0	0
MARS	0	0	0
AVR	0	0	0
MAI	69.6	41.2	110.8
JUN	131.13	88.95	220.08
JUI	166.94	127.33	294.27
AOUT	163.07	133.74	296.81

V.4.4.1 Calcul du débit spécifique

$$Q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times E_i} \quad (V. 10)$$

B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;

N_i : nombre des heures d'irrigation = 24h ;

N_j : nombre de jours du mois de pointe = 30 jours ;

E_i : Efficience d'irrigation = 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant.

D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'AOUT :

$B_{net} = 296.81$ mm.

Donc : $Q_s = 1.52$ l/s/ha

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5 l/s/ha, il y a un risque de surdimensionnement des conduite de refoulement ou gravitaire.

Dans notre cas, on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante :

$B_{net} = 166.94$ mm, donc le débit spécifique corrigé est de $Q_s = 0.858$ l/s/ha.

V.4.4.2 Evaluation du débit caractéristique

$$Q_{cr} = Q_s * S \quad (V. 11)$$

Q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha) ;

S : la superficie nette à irriguer = 545 ha.

$$Q_{cr} = 545 * 0.858 = 468 \text{ l/s} = 40436 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc la STEP d'Ain El Houtz doit fournir un volume journalier de 40436 m³ pour répondre aux besoins des cultures agricoles (Agrumes, Olivier).

V.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons démontré que les eaux de la station ne présentent aucun danger pour les cultures ciblées et que la station doit fournir une quantité d'eau suffisante pour répondre aux besoins de ces cultures au futur.

Les contaminants résistants au traitement secondaire sont éliminés en utilisant diverses méthodes de traitement tertiaire et en suivant des étapes spécifiques, comme décrit en détail dans ce chapitre.

Chapitre

VI

Calcul hydraulique

VI. Calcule hydraulique

VI.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner le déversoir d'orage dans le but de le rendre capable de supporter le débit prévu d'ici l'horizon 2054, ainsi que de fournir les données nécessaires pour le profil hydraulique en identifiant les altitudes piézométriques et les altitudes naturelles qui l'accompagnent.

VI.2 Données de base

Nous visons le dimensionnement du déversoir d'orage de manière à ce qu'il soit capable de permettre le passage du flux nécessaire pour les équipements de la station diversifiée et l'évacuation de l'excédent d'eau vers l'oued CHAABET EL HORA. Pour l'horizon 2054.

- Débit de pointe en temps sec : $Q_{pts} = 65879.23 \text{ m}^3/\text{j} = 0.762 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit de pointe allant vers la station correspond au débit de pointe en temps de pluie

$$Q_{ST} = Q_{ptp} = 197637.7 \text{ m}^3/\text{j} = 2.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.2.1 Débit déversée vers l'oued CHAABET EL HORA:

Le déversoir d'orage sera dimensionné pour un débit pluvial plus un débit de pointe d'eaux résiduaires (eaux usées domestiques).

Ainsi, en période de pluie, le débit transporté par le collecteur principal vers l'entrée du déversoir d'orage est estimé à environ :

$$Q_{ent} = Q_{Pl} + Q_{ts} \quad (\text{VI. 1})$$

D'où:

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

Q_{pl} : Débit pluvial (m^3/h) $Q_{pl} = 2.38339$ (d'après étude).

Q_{ts} : Débit de pointe en temps sec (m^3/s).

Donc :

$$Q_{ent} = Q_{Pl} + Q_{ts} = 2.38339 + 0.762 = 3.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

En fin le débit allant vers l'exutoire sera :

$$Q_{dév} = Q_{ent} - Q_{ST} = 3.14 - 2.28 = 0.865 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.2.2 Diamètre du collecteur principal:

a. à l'amont du déversoir :

$$\begin{cases} Q_{ent} = 3.14 \text{ m}^3/\text{s} \\ I = 0.3 \% \end{cases} \quad (\text{Annexe 2}) \Rightarrow D_{\text{amont}} = 1600 \text{ mm}$$

b. à l'aval du déversoir :

$$\begin{cases} Q_{ent} = 2.28 \text{ m}^3/\text{s} \\ I = 0.3 \% \end{cases} \quad (\text{Annexe 2}) \Rightarrow D_{\text{aval}} = 1500 \text{ mm}$$

VI.2.3 Les niveaux d'eau dans le collecteur principal

- Débit à pleine section :

$$Q = \frac{1}{\eta} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S \quad (\text{VI. 2})$$

$$R_h = \frac{D}{4} = \frac{1.6}{4} = 0.4 \text{ m}$$

$$K = \frac{1}{\eta} = 77$$

$$Q_{ps} = 4.48 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.2.4 La hauteur de remplissage correspondant au débit entrant

Le rapport du débit dans ce cas est :

$$rq = \frac{Q_{ent}}{Q_{ps}} = \frac{3.14}{4.48} = 0.7 \Rightarrow (\text{annexe1}) \Rightarrow rh = \frac{h_1}{D} = 0.606$$

$$\text{Donc : } h_1 = 1.6 * 0.606 = 0.9696 \text{ m} \approx \mathbf{970 \text{ mm}}$$

VI.2.5 La hauteur de remplissage correspondant au débit transitant vers la STEP

$$rq = \frac{Q_{ent}}{Q_{ps}} = \frac{2.28}{4.48} = 0.5 \Rightarrow (\text{annexe1}) \Rightarrow rh = \frac{h_2}{D} = 0.5$$

$$\text{Donc : } h_2 = 0.5 * 1.6 = 0.8 \text{ m} = \mathbf{800 \text{ mm}}$$

VI.2.6 La hauteur du seuil du déversoir

$$H_s = \frac{h_1 - h_2}{2} \quad (\text{VI. 3})$$

$$H_s = \frac{970 - 800}{2} = 170 \text{ mm}$$

VI.2.7 Calcul de la longueur du déversoir:

On applique la formule de BAZIN :

$$Q_{dev} = \frac{2}{3} \mu \times b \times \sqrt{2 \times g} \times H_s^{\frac{3}{2}} \quad (\text{VI. 4})$$

Avec :

μ : coefficient de débit de la lame déversant qui tient compte de l'écoulement ($\mu=0,6$)

b : La longueur du déversoir (longueur de la lame déversant) exprimée en mètres

g : La pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

H_s : La hauteur de charge en moyenne au-dessus du seuil du déversoir

Donc :

$$b = \frac{3}{2} \times \frac{Q_{dev}}{0.6 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times H_s^{\frac{3}{2}}}$$

$$b = \frac{3}{2} \times \frac{0.865}{0.6 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 0.11^{\frac{3}{2}}} = \mathbf{8.92 \text{ m} \approx \mathbf{9 \text{ m}}}$$

VI.3 Profil hydraulique :

L'élaboration du profil hydraulique implique la détermination des hauteurs d'eau à travers les étapes successives du processus de traitement.

VI.3.1 Côtes du terrain naturel des ouvrages d'extension

Le tableau ci-dessous illustre les cotes moyennes du terrain naturel des zones sélectionnées pour l'implantation des ouvrages

Tableau VI.1 : Cotes moyenne du terrain naturel de la zone d'implantation des ouvrages d'extension

Désignation	Côtes du terrain naturel (m)
Déversoir d'orage	530.5
Dégrilleur	529.68
Dessableur-deshuileur	528.58
Bassin d'aération	528.55
Tour de répartition	528.5
Décanteur secondaire	526.89
Bassin de désinfection	526.05

A partir du tableau VI.1, on peut dire que le terrain cible pour l'implantation des ouvrage de l'extension est très accidenté, ce qui nécessite de travaux d'excavation et de remblayage afin de le préparer convenablement.

VI.3.2 Calcul des diamètres et les longueurs des conduites reliant les ouvrages de l'extension :

Pour cela, il est important de connaître les paramètres suivants :

- Les longueurs des conduites (qui peuvent être déduites du schéma d'implantation donc peuvent être calculées).
- Le débit qui est connu.
- La nature du matériau

VI.3.3 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages d'extension :

Pour les liaisons entre les ouvrages d'extension on va prendre en considération les mêmes longueurs existantes.

Pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

$$L_{eq} = 1,15 \cdot L_{réelle} \quad (\text{VI. 5})$$

Tableau VI.2 : Longueurs des conduites entre les ouvrages d'extension

Ouvrages	Unité	L _{réelle}	L _{eq}
D.O – Dégrileur	(m)	40	46
Dégrileur – Dessableur		2	2.3
Dessableur – bassin biologique		21.37	24.58
Bassin biologique - Tour de répartition		60.69	69.8
Tour de répartition - Clarificateur		37.33	42.92
Clarificateur - Bassin de désinfection		26.43	30.4

VI.3.4 Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

On calcule les cotes piézométriques en fonction de l'équation de Bernoulli, donnée par :

$$\frac{P_1}{W} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + H \quad (\text{VI. 6})$$

- $\frac{P_1}{W}$ Et $\frac{P_2}{W}$: énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- $\frac{v_1^2}{2g}$ et $\frac{v_2^2}{2g}$: énergies cinétiques en (1) et (2).
- Z_2 et Z_1 : cotes des points (1) et (2).
- H_{1-2} : pertes de charges dans le tronçon (1-2)

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées il vient :

$$\frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + Z_2 + H$$

On pose :

$$\frac{P_1}{W} = H_1 \text{ Et } \frac{P_2}{W} = H_2$$

Donc :

$$H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$$

$Cp_1 = H_1 + Z_1$: Cote piézométrique au point (1)

$Cp_2 = H_2 + Z_2$: Cote piézométrique au point (2).

$$Cp'_1 = Cp_2 + H_{1-2}$$

VI.3.5 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques.

- **Cote piézométrique de D.O**

Côte du radier du dégrilleur (A) : 529.94m

Hauteur d'eau : 0.75 m

D'où : $Cp_A = 530.69$ m

Côte du radier du dégrilleur (A) : 529.68 m ;

Hauteur d'eau : 1 m

➤ D'où : $Cp_B = 530.68$ m

D'où on aura : $Cp'_B = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$

$$Cp'_B = 530.68 \text{ m}$$

- **Conduite dégrilleur -désableur (A-B) :**

On a :

➤ $Cp'_A = 530.68$ m

➤ Côte du radier du désableur-déshuileur (B) : 528.49 m ;

➤ Hauteur d'eau : 2 m

➤ D'où : $Cp_B = 530.49$ m

➤ $L = 2.3$ m

1. **Diamètre**

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \times L \times Q^\beta}{Cp'_A - Cp_B}} \quad (\text{VI. 7})$$

$$D = 328 \text{ mm} \approx 355 \text{ mm}$$

2. **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp'_B = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$

$$Cp'_B = 530.54 \text{ m}$$

- **Conduite désableur – bassin biologique (A-B) :**

➤ $Cp'_A = 530.54$ m

➤ Côte du radier de bassin d'aération (B) : 525.42 m ;

➤ Hauteur d'eau : 4.6 m

➤ D'où : $Cp_B = 530.02$ m

➤ $L = 24.58$ m

1. **Diamètre :**

$$D = 437 \text{ mm} \Rightarrow D_n = 450 \text{ mm}$$

2. **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp'_B = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$

$$Cp'_B = 530.08 \text{ m}$$

- **Conduite bassin d'aération - tour de répartition (A-B) :**

- $Cp_A' = 530.08$ m
- Côte du radier de tour de répartition (B) : 528.5 m ;
- Hauteur d'eau : 1 m
- D'où : $Cp_B = 529.5$ m
- $L = 69.8$ m

1. Diamètre :

$$D = 531 \text{ mm} \Rightarrow D_n = 560 \text{ mm}$$

2. Cote piézométrique

$$D'où \text{ on aura : } Cp_B' = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$$

$$Cp_B' = 529.62 \text{ m}$$

• Conduite tour de répartition – clarificateur (A-B) :

- $Cp_A' = 529.62$ m
- Côte du radier de clarificateur (B) : 525.25 m ;
- Hauteur d'eau : 4 m
- D'où : $Cp_B = 529.25$ m
- $L = 42.92$ m

1. Diamètre :

$$D = 527 \text{ mm} \Rightarrow D_n = 560 \text{ mm}$$

2. Cote piézométrique

$$D'où \text{ on aura : } Cp_B' = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$$

$$Cp_B' = 529.34 \text{ m}$$

• Conduite clarificateur – bassin de désinfection (A-B) :

- $Cp_A' = 529.34$ m
- Côte du radier de bassin de désinfection (B) : 524.63 m ;
- Hauteur d'eau : 4 m
- D'où : $Cp_B = 528.63$ m
- $L = 30.4$ m

1. Diamètre :

$$D = 428 \text{ mm} \Rightarrow D_n = 450 \text{ mm}$$

2. Cote piézométrique

$$D'où \text{ on aura : } Cp_B' = Cp_A - \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m}$$

$$Cp_B' = 528.77 \text{ m}$$

Tableau VI.3 : Récapitulatif des résultats :

Désignations	Cote terrain (m)	Cote radié (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
Déversoir d'orage	530.5	529.94	0.75	530.69
Dégrilleur	529.68	529.68	1	530.68
Déssableur	528.58	528.49	2	530.54
Bassin d'aération	528.55	525.42	4.6	530.08
Tour de répartition	528.5	528.5	1	529.62
Clarificateur	526.89	525.25	4	529.34
Bassin de désinfection	526.05	524.63	4	528.77

VI.4 Conclusion

Le calcul hydraulique réalisé lors de ce chapitre nous a donné la possibilité de :

- Dimensionner le déversoir d'orage à l'entrée du STEP
- Déterminer les longueurs et les diamètres des conduites reliant ces ouvrages
- Déterminer les cotes terrain naturelles et les cotes piézométrique pour chaque ouvrage d'extension

En basant sur ces données pour établir un profil hydraulique adéquat.

Chapitre VII

Organisation de chantier

VII. Organisation de chantier

VII.1 Introduction

L'organisation d'un chantier consiste à prévoir toutes les ressources nécessaires en moyens humains, matériels et matériaux, et demande et impose un rythme de travail pour une bonne utilisation de ses moyens dans le but de rechercher : la rapidité, la qualité et l'économie. Par exemple on utilise le ciment, le sable, gravier et l'acier pour avoir des corps en béton armé, le prix de vente est convenu avant que le produit ne soit fabriqué. L'évaluation correcte des prix et des moyens à mettre en œuvre est difficile car elle est basée sur des hypothèses qui seront confirmées au cours et à la fin de projet. Cette contrainte oblige l'entreprise à vérifier les prévisions régulièrement pendant l'exécution de projet.

VII.2 Travaux de réparations et installation de chantier

Afin de faciliter l'installation du chantier, il est nécessaire de disposer d'un terrain vaste et spacieux afin de gérer les diverses zones de stockage de matériaux, les voies de circulation des engins, les locaux et les postes de travail fixes. Les installations suivantes sont identifiées dans un chantier.

VII.3 Installations destinées aux personnels

En général, dans tout chantier de génie civil, les installations pour le personnel sont les mêmes : les dortoirs, les réfectoires, les vestiaires, les sanitaires, l'infirmierie et les bureaux suffisants.

Il est nécessaire que la base de vie soit au moins connectée à : l'eau potable, l'assainissement, l'électricité et la téléphonie. Il est nécessaire de mettre en place des circulations piétonnes qui doivent permettre pendant toute la phase de construction les circulations suivantes :

- Élément de base - zone de travail ;
- Élément de base - emplacement pour les véhicules du personnel ;
- Élément de base - centrale à béton ;
- Élément de base - emplacement pour le stockage des matériaux ;

Toutes les routes qui seront effectuées par les travailleurs.

VII.4 Installations destinées au stockage des matériaux

Le plan d'installation de chantier doit inclure les aires de stockage en indiquant le type de matériel/matériau qui sera stocké, la surface disponible et les mesures prises pour préserver l'environnement (géotextile, surface bétonnée, etc.). Il est nécessaire de stocker et de préserver le matériau de construction des influences climatiques et des intempéries. Il est possible d'utiliser des silos métalliques pour stocker les ciments, ou des baraquements en bois ou en métal pour stocker les agrégats en plein air. Cependant, il est nécessaire de prévoir un croisement entre les différents types existants afin d'éviter leur mélange et de faciliter le dosage du béton. On conserve les aciers dans des baraquements ou des hangars.

VII.5 Installations destinées à la réparation des engins

Les réparations majeures ne sont généralement pas effectuées sur le chantier lui-même, mais il est essentiel de disposer d'un atelier assez bien équipé pour garantir l'entretien régulier et les réparations d'urgence des divers équipements.

VII.6 Moyens des travaux de chantier

VII.6.1 Moyens humains

En ce qui concerne les ressources humaines (en personnel), il sera nécessaire que l'entreprise mentionne une personne responsable du chantier ainsi que son intérimaire, en précisant leurs titres et compétences, ainsi que leurs rôles et leurs tâches. Cette règle s'applique également à toute personne impliquée sur le chantier. Le personnel qualifié pour mener les études préalables est présent, tels que les géotechniciens, les hydrologues, les topographes, les ingénieurs en béton armé, les dessinateurs, etc.....

VII.6.2 Moyens matériels

L'entrepreneur doit indiquer la marque, le type, la puissance, le rendement et le nombre d'engins utilisés sur le chantier, ainsi que leur mode d'intervention en fonction du calendrier des travaux.

VII.6.3 Matériels de terrassement

La marque, le type, la puissance, le rendement et le nombre d'engins utilisés sur le chantier doivent être indiqués par l'entrepreneur, ainsi que leur mode d'intervention en fonction du calendrier des travaux.

A. Matériels de terrassement

Le matériel de terrassement englobe les équipements nécessaires pour effectuer les fouilles, extraire et transporter les matériaux de construction, ainsi que pour le bétonnage et la finition. En général, les engins suivants sont utilisés : bulldozer, chargeur, camion benne, pelle hydraulique, décapeuse, camion-citerne, grue à portique, camion malaxeur et autres si besoin.

B. Matériel de bétonnage

Les bétonnières sont généralement utilisées pour produire le béton requis pour la construction des structures en béton. Le matériel utilisé pour le bétonnage doit également inclure les équipements de coffrage et les équipements requis pour faire vibrer le béton, ainsi que pour le nettoyer et le repiquer, afin de traiter les reprises de bétonnage.

VII.7 Devis estimatif et quantitatif (DQE)

Le devis quantitatif estimatif (DQE) détaillé est un document qui permet d'analyser les éléments composant le prix et donc de comparer les offres proposées. Il comporte toute indication permettant d'apprécier les propositions de prix. Ce devis n'a pas de valeur contractuelle, sauf disposition contraire insérée dans le marché à bons de commande. Lorsque ces demandes impliquent un investissement significatif pour les candidats, elles donnent lieu au versement d'une prime.

Le coût prévisionnel du projet est calculé en fonction du prix du mètre cube (m³) d'eau épurée. Ce prix comprend :

A. Le coût d'investissement :

Le coût des travaux de génie civil (terrassement et construction en béton).

Les équipements tels que les racleurs, les turbines, les pompes à air, les tuyaux...

$$C_{\text{TOT INV}} = C_{\text{TOT CIV}} + C_{\text{VRD}} + C_{\text{éq}} \quad (\text{VII. 1})$$

B. Le coût de fonctionnement

- Coût d'exploitation courante.

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

Avec :

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

C_{eq} : le coût de génie civil.

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

VII.7.1 Calcul du coût d'investissement

VII.7.1.1 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)

- **Le volume de la couche végétale**

$$V = Sh_i \times 0.3 \quad (\text{VII. 2})$$

Avec :

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

Sh_i : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

- **Le coût d'un ouvrage**

$$Cout = V_i \times 2500 \quad (\text{VII. 3})$$

Tableau VII.1 : Le cout de terrassement de chaque ouvrage.

Ouvrages	Nombre	La surface horizontale (m ²)	Volume (m ³)	Coût (DA)
Déssableur-déshuileur	1	52.67	15.801	39502.5
Bassin d'aération	2	1170	351	877500
Décanteur secondaire	1	1962	588.6	1471500
Bassin de désinfection	1	263.35	79.005	197512.5
Epaississeur	1	64.82	19.446	48615
Lit de séchage	10	4500	1350	3375000
TOTAL				6 009 630

VII.7.1.2 Le Coût du béton armé

Le coût du béton armé classe (25/30) revient a $P_u=40000$ DA/m³ (CIVIL MANIA),

On calcule le coût de béton armé par la formule suivante :

$$C_i = V_{tb} \times P_u \quad (\text{VII. 4})$$

V_{tb} : le volume total du béton.

Epaisseur des murs de l'ouvrage e_m : (0.15 à 0.5) m.

Epaisseur en radiers de l'ouvrage e_r : (0.3 à 0.4) m.

C_b : le coût de béton.

- **Calcul du volume de béton armé**

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

$$V_{tb} = V_r + V_m \quad (\text{VII. 5})$$

$$V_r = S_h + E_r \quad (\text{VII. 6})$$

Pour les murs on a :

$$V_m = p \times h \times E_m \quad (\text{VII. 7})$$

On prend :

L'épaisseur du mur $e_m = 0.3$ m, L'épaisseur du radier $e_r = 0.3$ m (selon les informations d'un bureau d'étude), V_r : volume du radier, V_m : volume du mur, P : périmètre de l'ouvrage et H : Hauteur de l'ouvrage.

Tableau VII.2 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage d'extension.

Ouvrages	Surface (m ²)	V _r (m ³)	V _m (m ³)	V _{tb} (m ³)	Coût (DA)
Déssableur-déshuilleur	52.67	15.801	33.6	49.401	1976040
Bassin d'aération	1170	351	443.7888	794.7888	31791552
Décanteur secondaire	1962	588.6	125.656	714.256	28570240
Bassin de désinfection	263.35	79.005	33.924	112.929	4517160
Epaisseur	64.82	19.446	66.46	85.906	3436240
Lit de séchage	4500	1350	54	1404	56160000
TOTAL					12 6451 232

VII.7.1.3 Coût total du génie civil :

$$C_{TOT CIV} = C_{TR} + C_{TBA} \quad (\text{VII. 8})$$

C_{TR} : Coût total du terrassement.

C_{TBA} : Coût total du béton armé.

$$C_{TOT CIV} = 6009630 + 126451232 = 132\ 460\ 862\ \text{DA}$$

VII.7.1.4 Coût des voiries et réseaux divers (VRD):

Le coût des VRD est estimé à 25% de $C_{TOT CIV}$.

$$C_{VRD} = 0.25 \times 132460862 = \mathbf{33\ 115\ 215.5\ DA}$$

VII.7.1.5 Coût installations hydromécaniques

Il est estimé à 40% du coût de G.C et VRD:

$$C_{\acute{e}q} = 0.4 \times (33115215.5 + 132460862) = \mathbf{66\ 230\ 431\ DA}$$

VII.7.1.6 Coût total des investissements de la station :

$$C_{TOT INV} = C_{TOT CIV} + C_{VRD} + C_{\acute{e}q} = \mathbf{231\ 806\ 509\ DA}$$

VII.7.2 Le Coût de fonctionnement

On va calculer :

VII.7.2.1 Le coût de main d'œuvre

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

$$C_{MO} = 0.05 \times C_{TOT INV} = 0.05 \times 231806509 = \mathbf{11\ 590\ 325.43\ DA}$$

VII.7.2.2 Le coût de l'énergie électrique

On a : $C_e = P_u \times P_s$ (source sonelgaz)

P_u : prix unitaire de l'énergie électrique $P_u = 1.78\ DA/kwh$.

P_s: Besoin en énergie électrique pour $1\ m^3$ d'eau à traiter = $1.1\ kwh/ m^3$ d'où $C_e = 1.96\ DA/m^3$

Coût annuel de l'énergie électrique $C_{EL AN} = Q_{an} \times C_e$

Q_{an} : le débit annuel à traiter pour l'extension à 2054.

$$C_{EL AN} = (50562.9 \times 365) \times 1.96 = \mathbf{36\ 172\ 698.66\ DA}$$

VII.7.2.3 Le coût des frais financiers

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

$$C_{FF} = 0.05 \times 231806509 = \mathbf{11\ 590\ 325.43\ DA.}$$

VII.7.3 Coût de renouvellement du matériel électromécanique :

Il est estimé à 5 % du coût d'investissement Le coût annuel est donc :

$$C_{RM} = 0.05 \times 231806509 = \mathbf{11\ 590\ 325.43\ DA.}$$

Le coût de fonctionnement total

$$C_{F.TOT} = C_{MO} + C_{EL AN} + C_{FF} + C_{RM} = 11590325 \times 3 + 36172698 = \mathbf{70\ 943\ 674.95\ DA}$$

VII.7.4 Calcul du prix du m^3 d'eau traitée

- Le coût d'amortissement annuel :

$$C_{AA} = \frac{C_{TOT INV}}{T} \quad \text{(VII. 9)}$$

T : durée d'amortissement $t = 30$ ans. Donc :

$$C_{AA} = \frac{231806509}{30} = \mathbf{7\ 726\ 883.617\ DA}$$

- Coût annuel de la station

$$C_{TOT ST} = C_{AA} + C_{F.TOT} \quad \text{(VII. 10)}$$

$$C_{TOT ST} = 7726883.617 + 70943674.95 = \mathbf{78\ 670\ 558.56\ DA}$$

VII.7.5 Calcul du prix du m³ d'eau épurée

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2054 est :

$$V_{an} = 50562.9 \times 365 = 18\,455\,458.5 \text{ m}^3.$$

Le coût du m³ épurée (C_e) se calcule alors

$$C_e = \frac{C_{TOT ST}}{V_{AN}} \quad (\text{VII. 11})$$

$$C_e = \frac{78670558.56}{18455458.5} = 4.26 \text{ DA}$$

Tous les calculs sont résumés dans le tableau VII.3.

Tableau VII.3 : Estimation le coût du projet.

Désignation	Unité	Coûts
Coût d'investissement		
Coût de terrassement	DA	6 009 630
Coût total du béton armé	DA	12 645 1232
Coût total de génie civil	DA	132 460 862
Coût des VRD	DA	33 115 215.5
Coût des équipements électromécaniques et électriques	DA	66 230 431
Coût total des investissements de la station	DA	231 806 509 .00
Coût de fonctionnement		
Coût de main d'œuvre	DA	11 590 325.43
Le coût de l'énergie électrique	DA	36 172 698.66
Coût de renouvellement du matériel électromécanique	DA	11 590 325.43
Coût des frais financiers	DA	11 590 325.43
Coût de fonctionnement total	DA	70 943 674 .95
Coût d'amortissement	DA	7 726 883.617
Coût total de la station	DA	78 670 558 .56
Coût de m ³ d'eau épurée	DA	4.26

VII.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons récapitulé les différentes étapes à suivre pour mener à bien notre projet d'extension, telles que l'organisation du chantier, afin de garantir le bon déroulement de sa mise en œuvre.

Après avoir calculé le coût du béton armé et de la propriété (le coût d'investissement) ainsi que le coût de fonctionnement, nous avons établi une estimation du coût du projet.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude est de surveiller l'efficacité du traitement des eaux usées urbaines en utilisant des procédés à boue activée mis en place par la station de traitement des eaux d'Ain El Houtz, Dans ce contexte, ce travail s'articule autour de trois axes :

- Le diagnostic global d'après l'étude des capacités nominales et réelles des ouvrages, on se penche également sur les équipements électromécaniques, ainsi que sur le génie civil des travaux. où nous avons identifié que la station présente certaines faiblesses à tous les niveaux mentionnés.
- Des travaux d'extension et d'amélioration ont été proposés pour permettre à la station de mieux respecter les objectifs qui leur sont assignés jusqu'à 2054 en effectuant une étude approximative du coût total pour l'exécution de ces travaux.

Nous avons analysé la qualité de l'eau traitée dans le but de :

- Proposer une solution de traitement tertiaire efficace qui s'adapte à la station et suit les dernières technologies utilisées en Algérie, dans le but d'améliorer la qualité de l'eau de la station destinée à l'irrigation des plaines de Hennaya.
- Nous avons évalué l'efficacité de ces eaux traitées, montrant qu'elles conviennent particulièrement à l'irrigation des oliviers et des agrumes. Cependant, en contrepartie, la quantité d'eau traitée est considérée comme insuffisante pour répondre aux besoins de ces cultures agricoles ($40436 \text{ m}^3/\text{j}$).
- Une étude approximative du coût total pour l'exécution des travaux de l'extension a été effectuée.

Toutefois, des recherches supplémentaires sur le diagnostic et la réhabilitation des performances d'élimination de la pollution dans la STEP d'ain el houtz sont nécessaires.

Bibliographie

Références bibliographiques

- [1] **C. Abdelbaki et B. Touaibia**, « Apport des systèmes d'information géographique et de la modélisation hydraulique dans la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable: Cas du groupement urbain de Tlemcen (Algérie) », *Tech. Sci. Méthodes*, n° 5, p. 52-60, **2014**, doi: 10.1051/tsm/201405052.
- [2] **A. Cherifa**, « Modélisation d'un réseau d'assainissement et contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique - cas du chef-lieu de commune de Chetouane-wilaya de Tlemcen Algérie », *LARHYSS J.*, vol. 10, p. 101-113, oct. **2012**.
- [3] **F. Smail**, « RESSOURCES EN EAU ET URBANISATION CAS DU GROUPEMENT URBAIN TLEMCCEN. », Thesis, **2017**. Disponible sur: <http://dSPACE1.univ-tlemcen.dz>
- [4] **F. Bensaoula, M. Bensalah, et M. Adjim**, « LES FORAGES RECENTS DANS LES AQUIFERES KARSTIQUES DES MONTS DE TLEMCCEN », 2005.
- [5] **F. Belaribi**, « Utilisation des méthodes d'aide multicritère à la décision dans la gestion des ressources en eau : Application de la méthode PROMETHEE à la sélection d'un procédé de dessalement de l'eau de mer. », Thesis, **2021**. Disponible sur: <http://dSPACE1.univ-tlemcen.dz>
- [6] **F. Bensaoula, B. Collignon, et M. Adjim**, « Assessment of Groundwater Resources in the Jurassic Horst (Western Algeria) », in *Water Resources in Algeria - Part I*, vol. 97, A. M. Negm, A. Bouderbala, H. Chenchouni, et D. Barceló, Éd., in *The Handbook of Environmental Chemistry*, vol. 97. Cham: Springer International Publishing, **2019**, p. 225-266. doi: 10.1007/698_2019_406.
- [7] **C. Abdelbaki et F. Boukli Hacène**, « Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen », *J. Renew. Energ.*, vol. 10, n° 2, nov. **2023**, doi: 10.54966/jreen.v10i2.788.
- [8] **B. Collignon et F. Bensaoula**, « Karst Aquifers, a Strategic Tool for Mitigating the Impact of 100-Years Droughts », in *Recent Research on Environmental Earth Sciences, Geomorphology, Soil Science, Paleoclimate, and Karst*, **A. Çiner, M. F. Khan, A. Kallel, J. Rodrigo-Comino, M. Parise, R. Barzegar, Z. A. Ergüler, N. Khelifi, et I. Ali**, Éd., in *Advances in Science, Technology & Innovation.*, Cham: Springer Nature Switzerland, **2023**, p. 217-220. doi: 10.1007/978-3-031-42917-0_49.
- [9] **H. S. Fellah, M. Adjim, et F. Bensaoula**, « Identification and cartography of potential groundwater polluters in Tlemcen urban area (northwest of Algeria) », *Desalination Water Treat.*, vol. 57, n° 13, p. 6007-6016, mars **2016**, doi: 10.1080/19443994.2014.992971.
- [10] **ONA Tlemcen**, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2024.

- [11] « **GUIDE POUR LE DIAGNOSTIC DES STATIONS D'EPURATION URBAINES | OIEau - Eaudoc** ». Disponible sur: <https://www.oieau.fr>
- [12] **R. Salghi**, Notes Théoriques, «Dimensionnement d'une station d'épuration par boues activées», l'Ecole Nationale des Sciences Appliqués d'Agadir- Maroc.
- [13] **Abdelbaki Cherifa**, « Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen - ». Unpublished, **2014**. doi: 10.13140/2.1.4131.9207.
- [14] **Gaid, Abdelkader**.- Epuration biologique des eaux usées urbaine : T.1.- Alger : OPU, **1987**.-261p.
- [15] **T. Merz**, « OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU »]. Disponible sur: <https://www.academia.edu>
- [16] « **GUIDE TECHNIQUE DE L'ASSAINISSEMENT 3eme EDITION** », Hydro-Conseil. Disponible sur: <https://hydro-conseil.com>
- [17] **A. Sadowski**, « LE ROLE DES INSTITUTIONS ET LES POLITIQUES EN MATIERE D'EAU ».
- [18] **A. HAMIDI** Epouse Bensmain, « Utilisation des matériaux locaux en épuration des eaux usées », Thesis, 2023. Consulté le: 24 juin 2024. Disponible sur: <http://dspace1.univ-tlemcen.dz>
- [19] **A. Bemoussat, M. Adjim, et F. Bensaoula**, « Irrigation with treated wastewaters and the protection of Hennaya groundwater – Tlemcen, Algeria », J. Water Land Dev., vol. 43, n° 1, p. 19-27, déc. **2019**, doi: 10.2478/jwld-2019-0059.
- [20] **Memento Technique De L'eau 1 Et 2**. Disponible sur: <http://archive.org>
- [21] **M. Samer**, « Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes », in Wastewater Treatment Engineering, IntechOpen, **2015**. doi: 10.5772/61250.
- [22] **I. BELAIDI**, « Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation -Cas de la STEP de AINHOUTZ- (Wilaya de TELEMEN).pdf ». Master de Hydrogéologie. Disponible sur: <https://ds.univ-oran2.dz>

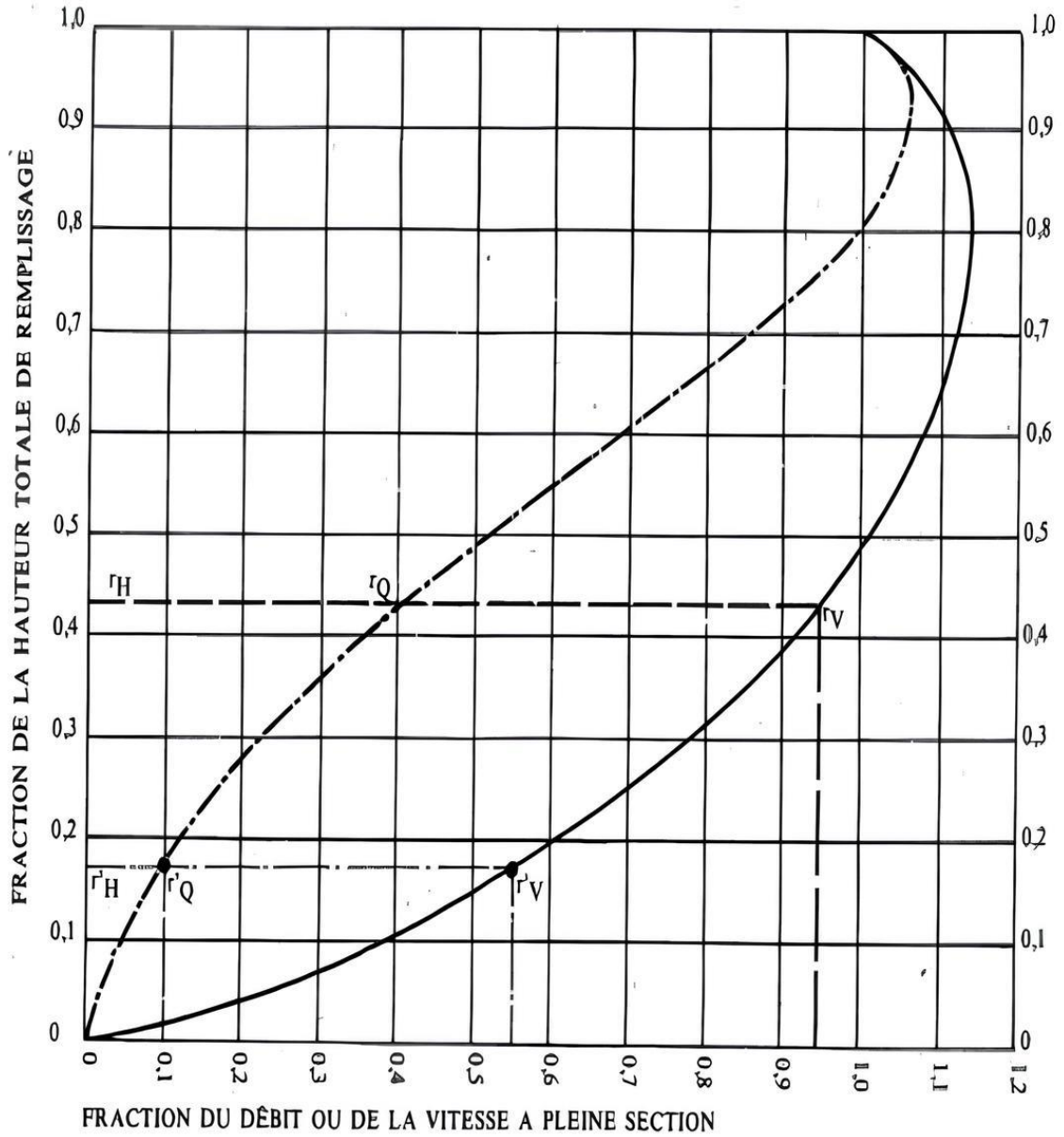
Annexe

Annexe 01

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

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

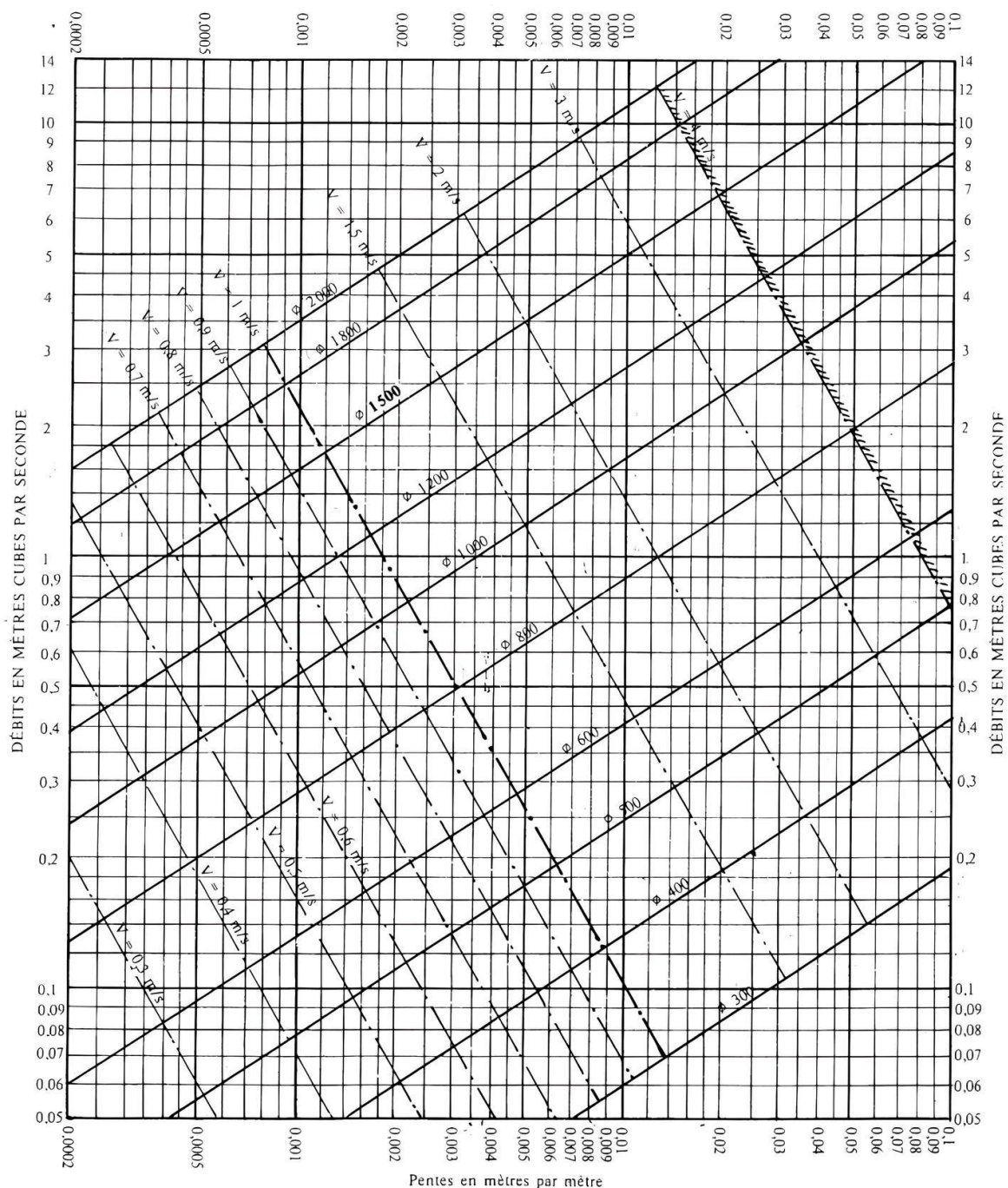
a) Ouvrages circulaires



Annexe 02

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

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

Annexe 03

Classification complète des eaux d'irrigation (FOA ,1995)

Classification complète des eaux d'irrigation		
Classe	Qualité	Observations
C1-S1	Bonne	A utiliser avec précaution pour plantes
C1-S2 C2-S1	Moyenne à bonne	A utiliser avec précaution Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C2-S2 C1-S3 C3-S1	Moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).
C1-S4 C2-S3 C3-S2 C3-S2	Médiocre à mauvaise	Exclure les plantes sensibles et les sols lourds utilisables avec beaucoup de précaution dans les sols légers et bien drainés avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse
C2-S4 C4-S2 C3-S3	Mauvaise	A n'utiliser qu'avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes. Risques élevés Lessivage et apport de gypse indispensable.
C3-S4 C4-S3	Très mauvaise	A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles
C4-S4	Déconseillée pour l'irrigation	

Annexe 04

Directives de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation (FAO, 1998)

Directives de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation					
Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Valeurs limites souhaitées	Paramètre de l'eau	Symbole
Cations et Anions					
Calcium	Ca^{++}	mg/l	20	mg/l	400
Magnésium	Mg^{++}	mg/l	5	mg/l	60,75
Sodium	Na^+	mg/l	40	mg/l	920
Carbonates	CO_3^{--}	mg/l	0,1	mg/l	3
Bicarbonates	HCO_3^-	mg/l	10	mg/l	610
Chlorures	Cl^-	mg/l	30	mg/l	1065
Eléments nutritifs					
Nitrates	NO_3^-	mg/l	45	mg/l	45
Ammonium	NH_3^+	mg/l	6,50	mg/l	6,50
Phosphate	PO_4^{--}	mg/l	6,20	Mg/l	6,20
Potassium	K^+	mg/l	2	Mg/l	2
Coeff, d'absorption de Sodium	SAR	meq/l	15	meq/l	15